ISSN 0765-0787

# BULLETIN AGRONOMIQUE ANTILLES - GUYANE

P-4267

BAA-4

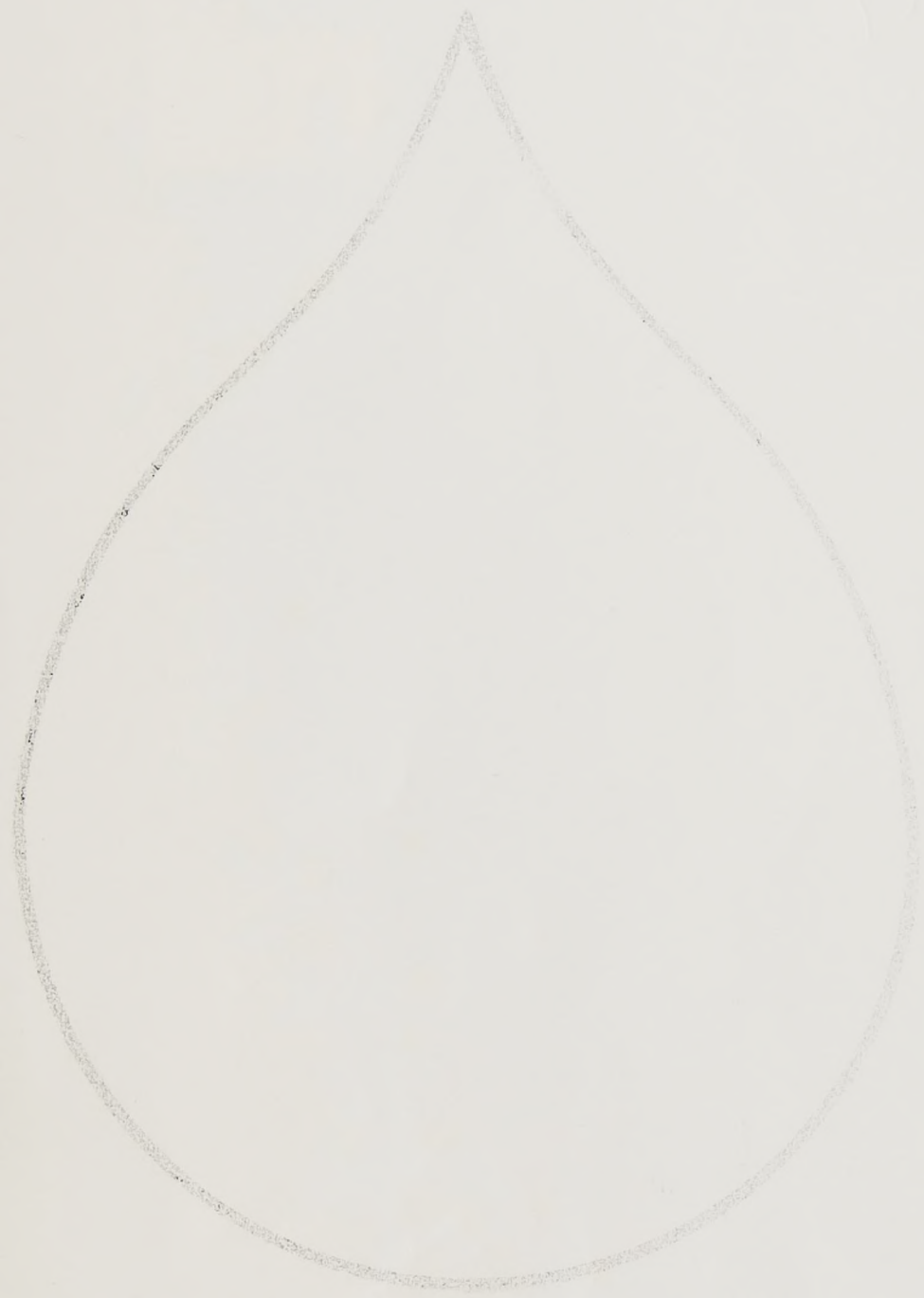
C. N. R. A.
13. MAI 1986
UNITÉ CENTRALE DE DOCUMENTATION
— VERSAILLES —

NUMERO SPECIAL

## BESOINS EN EAU DES CULTURES ET IRRIGATION AUX ANTILLES

N°4 - Février 1986

INRA



# Besoins en eau des cultures aux Antilles

## Données générales et synthèse de quelques études

*Raymond Bonhomme & Charles Valancogne*
**I.N.R.A.*, Station de Bioclimatologie, Centre Antilles-Guyane, F 97170 Petit-Bourg**

Les tissus d'une plante, particulièrement ceux en croissance, ont une très forte teneur en eau (de 70 à 90 %) car celle-ci est nécessaire à la vie des cellules. Mais cette eau de constitution ne représente qu'une toute petite partie (quelques %) des besoins hydriques du végétal, car il y a, chaque jour, une forte circulation d'eau des racines vers les feuilles. L'eau est en effet extraite du sol par les racines et transférée jusqu'aux feuilles d'où elle s'échappe sous forme de vapeur. Un des premiers rôles de cette évaporation est de maintenir la plante à une température pas trop élevée (l'évaporation assurant une «climatisation»). Mais cette circulation d'eau permet de plus le transfert des éléments nutritifs (azote,...) du sol dans la plante.

Grâce à son système racinaire la culture peut donc prospecter une certaine profondeur de sol et l'on peut imaginer qu'elle est capable d'y trouver un certain volume d'eau schématisé sur la figure 1 par la «Réserve». Analyser les besoins en eau d'une culture c'est donc comprendre les variations de taille de cette «Réserve» et aussi pouvoir évaluer les entrées et les sorties d'eau :

- entrées = pluies et irrigation,

- sorties = eau évaporée par la culture et drainage en profondeur («débordement»),

- taille de la «Réserve» fonction de la profondeur d'enracinement («fond du réservoir») et des caractéristiques du sol vis-à-vis du stockage d'eau pour les plantes (hauteur des «bords du réservoir»).

Nous allons donc analyser les variations de ces différentes grandeurs relatives au climat, au sol, et aux plantes, dans les conditions des Antilles.

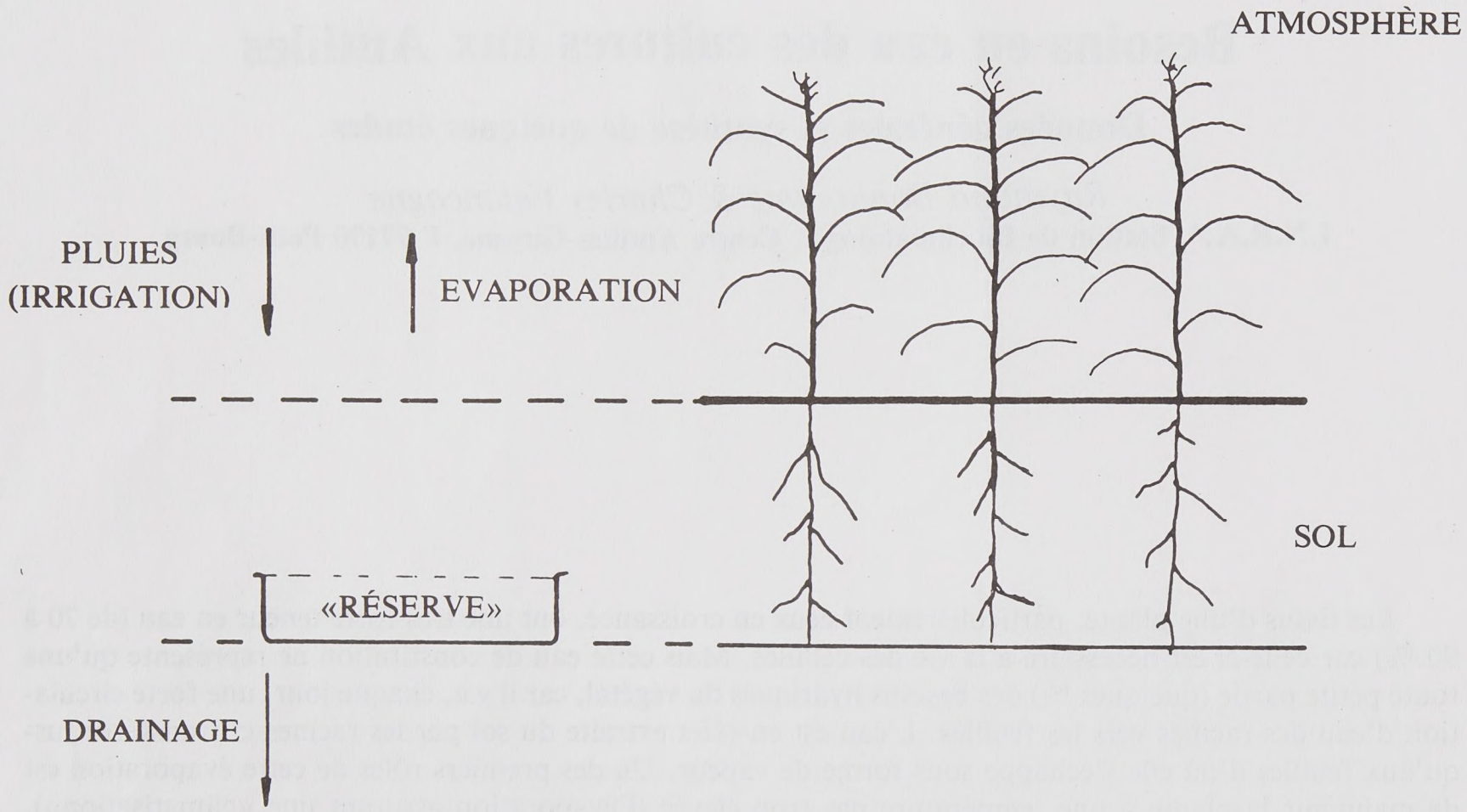
---

* Institut National de la Recherche Agronomique

**FIGURE 1**

Schématisation de la «Réserve» d'eau du sol pour les plantes, et des entrées et sorties d'eau.

*Diagram of the water «Reserve» available for the plants and its inputs (rain, irrigation) and outputs (evaporation, drain).*




# I. GRANDEURS RELATIVES AU CLIMAT

## A. Notion d'Evapotranspiration Potentielle

Si l'on imagine une culture couvrante (prairie,...) bien alimentée en eau, ayant reçu une bonne fumure, et n'ayant pas de problème pathologique, il est facile de comprendre que la quantité d'eau qu'elle évapore chaque jour croît avec son développement mais que, lorsqu'elle sera de taille suffisante et encore en pleine croissance, sa consommation en eau va tendre vers une limite. Dans cette situation on peut dire que la quantité d'eau évaporée va essentiellement être fonction du climat : on a atteint une valeur de référence qui est la DEMANDE CLIMATIQUE. La quantité d'eau perdue par la culture dans ces conditions (et qui est la somme de l'eau transpirée par les plantes et de l'eau évaporée par le sol) est l'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE (ETP).

## B. Mesures d'ETP en Guadeloupe

Elles ont été réalisées sur des cultures de *Digitaria decumbens* (Pangola) à l'aide d'évapotranspiromètres à drainage (cuves de végétation de 2 $m^2$, incluses dans une grande parcelle homogène bien alimentée en eau, et sur lesquelles on mesure, chaque jour, les apports d'eau et le drainage pour avoir, par différence, l'ETP). Deux sites bien contrastés au point de vue climatique, ont été choisis :

- Ferme de May à St François, zone est de la Grande-Terre, au vent, pluviométrie annuelle 1200 mm, altitude 20 m,

- Domaine Duclos à Petit-Bourg, zone nord-est de la Basse-Terre, au vent, pluviométrie annuelle 2 800 mm, altitude 110 m.

Le tableau 1 donne les moyennes journalières d'ETP en mm (1) obtenues sur plusieurs années dans ces deux lieux. Il faut noter que ces deux situations extrêmes permettent une interpolation à une grande part des zones agricoles des Antilles, à l'exception de celles en zone sous-le-vent ou en altitude.

La variation annuelle de l'ETP est relativement faible puisque l'on a environ 1,5 mm d'écart entre les périodes à forte ETP (avril-septembre) et celles où elle est plus réduite (novembre-février). Les évolutions sont analogues entre Domaine Duclos et Ferme de May, mais, par contre, les niveaux d'ETP sont souvent nettement plus forts dans ce deuxième lieu : environ + 25 à + 30 %.

Si l'on compare les moyennes mensuelles des différentes années, il faut noter la faible variabilité des mesures mensuelles (de l'ordre de 10 à 15 %) et la stabilité des moyennes annuelles.

**TABLEAU 1**

Valeurs moyennes (mm/jour) de l'ETP d'un gazon de Pangola *(Digitaria decumbens)* en deux sites de Guadeloupe (voir situation figure 2). D'après SCHOCH (1972) et SCHOCH *et al.*, (1975)

*Mean values (mm/day) of the Potential Evapotranspiration (PET) of Pangola grass (Digitaria decumbens) for two locations in Guadeloupe (situation shown figure 2).*

| | A : Domaine Duclos (1966-1972) | | B : Ferme de May (1969-1974) | | B / A |
|---|---|---|---|---|---|
| MOIS | MOYENNE | C.V. en % (2) entre années | MOYENNE | C.V. en % (2) entre années | |
| JANVIER | 3,0 | 18 | 4,1 | 14 | 1,37 |
| FÉVRIER | 3,4 | 12 | 4,4 | 12 | 1,29 |
| MARS | 3,6 | 12 | 5,0 | 11 | 1,39 |
| AVRIL | 4,3 | 12 | 5,7 | 4 | 1,33 |
| MAI | 4,3 | 15 | 5,0 | 9 | 1,16 |
| JUIN | 4,5 | 12 | 5,1 | 16 | 1,13 |
| JUILLET | 4,3 | 15 | 5,6 | 7 | 1,30 |
| AOÛT | 4,6 | 9 | 4,6 | 15 | 1,00 |
| SEPTEMBRE | 4,5 | 9 | 5,3 | 16 | 1,18 |
| OCTOBRE | 3,8 | 8 | 4,8 | 13 | 1,26 |
| NOVEMBRE | 3,5 | 10 | 4,2 | 19 | 1,20 |
| DÉCEMBRE | 3,0 | 14 | 4,1 | 15 | 1,37 |
| ANNÉE | 3,9 | 5 | 4,8 | 5 | 1,23 |

**C. Comparaison des valeurs d'ETP et de la pluviométrie**

Il est intéressant de comparer les deux facteurs qui, en conditions naturelles, vident ou emplissent la «Réserve». La figure 2 montre bien le contraste important qui existe entre les conditions de Grande-Terre et celles de Basse-Terre. Si, à l'échelle du mois, il y a, au Domaine Duclos, une ETP comparable à la pluviométrie obtenue 8 années sur 10, par contre à Ferme de May les pluies n'arrivent que très rarement à un niveau voisin de celui de l'ETP.

Cette représentation, faite à l'échelle mensuelle, a l'avantage de caractériser facilement les grandes zones climatiques. Mais elle donne une vision optimiste des besoins en eau des cultures puisqu'elle implique

(1) L'ETP journalière exprimée en mm représente donc la diminution de niveau de l'eau dans la «Réserve» ; pour compenser cette sortie il faudrait donc apporter une pluie ou une irrigation équivalente en mm :
1 mm = 1 litre par mètre carré de surface ($l/m^2$) soit 10 mètres par hectare ($m^3/ha$).

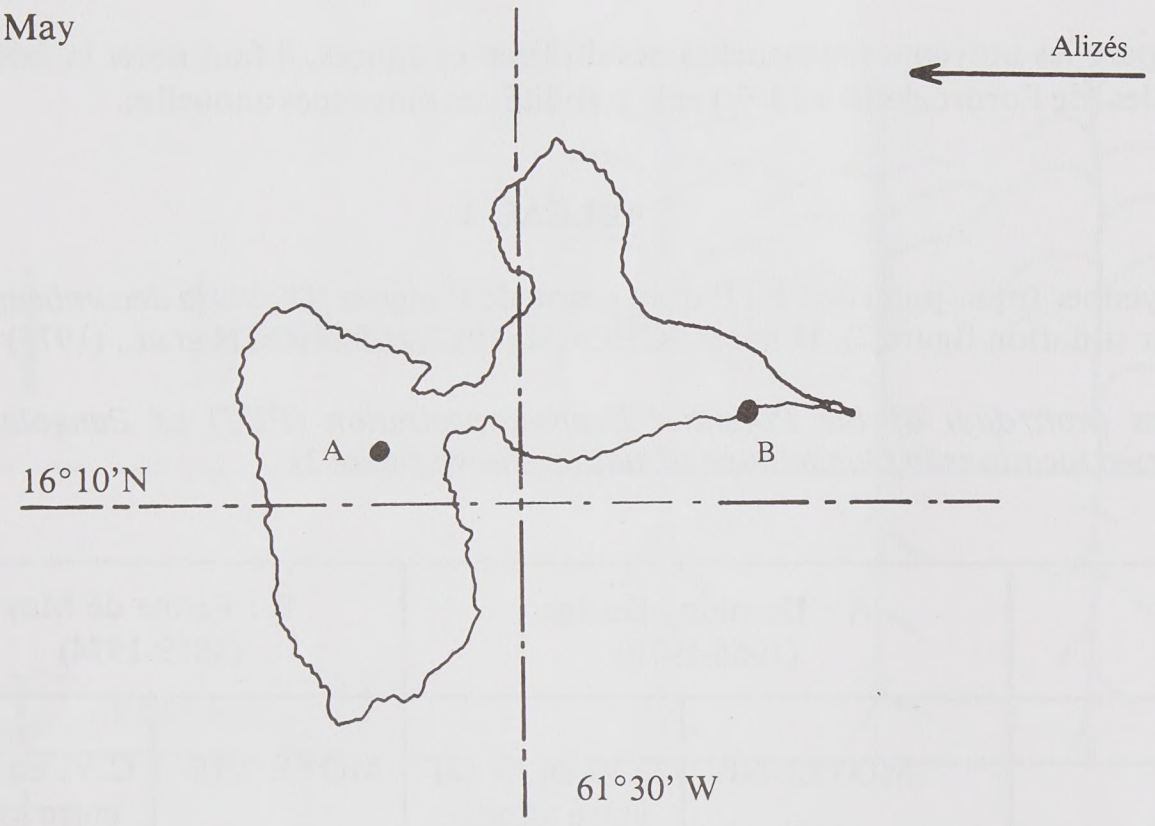
(2) Le coefficient de variation (CV) donne une indication de la dispersion des valeurs : c'est le rapport entre l'écart-type des données et la moyenne (multiplié ici par 100 pour être exprimé en %).

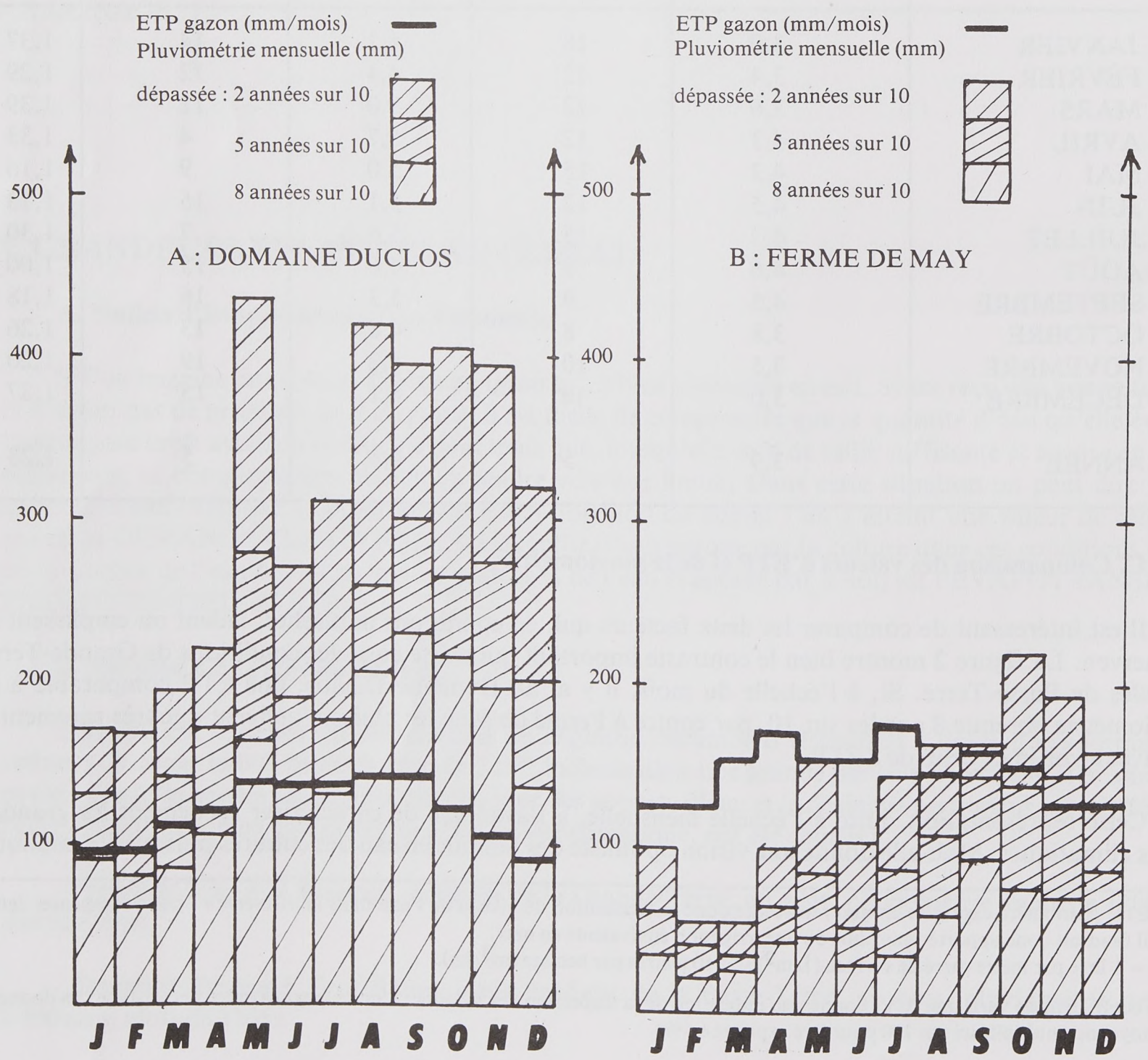
## FIGURE 2

Comparaison de l'Evapotranspiration ETP et de la pluviométrie mensuelles pour deux sites de Guadeloupe.

*Comparison of monthly Evapotranspiration PET and rainfall for two sites in Guadeloupe, French West Indies.*

A : Domaine Duclos
B : Ferme de May



que la «Réserve» est au moins égale à l'évapotranspiration d'un mois, et, de plus, que les pluies interviennent régulièrement lorsque cette «Réserve» est épuisée. L'efficacité des pluies est en fait limitée puisque celles qui surviennent lorsque la «Réserve» est déjà remplie (ou qui entraînent ce remplissage) sont totalement (ou partiellement) perdues : la date à laquelle se produit une pluie prend donc une grande importance.

L'équilibre entre ETP et pluies aux Antilles est donc aggravé par le fait que la pluviométrie est irrégulière et que les pluies sont souvent très fortes (voir l'article de HOEPFFNER *et al,* 1985, dans ce numéro). En se basant sur les données météorologiques de Ferme de May sur 13 ans, DAUDET et ARCHER (1978) ont ainsi montré que les besoins moyens en irrigation pour compenser en permanence le déficit climatique étaient très supérieurs aux écarts ETP-Pluies évalués aux échelles annuelle et mensuelle, et cela d'autant plus que la «Réserve» était faible : tableau 2.

**TABLEAU 2**

Besoins moyens en irrigation (mm/mois) pour compenser en permanence le déficit climatique en fonction de différentes capacités de «Réserve». Ferme de May, 1966-1978, d'après DAUDET et ARCHER (1978).

*Irrigation requirements (mm/month) to counterbalance the differences between PET and rainfall with various soil water capacities. Ferme de May, 1966-1978.*

| DOSES MOYENNES MENSUELLES *(MONTHLY REQUIREMENTS)* ET ANNUELLE *(ANNUAL REQUIREMENT)* | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RÉSERVE | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | ANNÉE |
| 20 mm | 72 | 90 | 115 | 109 | 98 | 100 | 96 | 84 | 70 | 58 | 50 | 60 | 1007 |
| 60 mm | 55 | 92 | 106 | 106 | 73 | 83 | 87 | 64 | 60 | 41 | 32 | 36 | 840 |
| 100 mm | 46 | 100 | 100 | 100 | 76 | 76 | 92 | 61 | 46 | 7 | 23 | 30 | 762 |

**D. Formules d'estimation de l'ETP**

Pour évaporer de l'eau il faut fournir de l'énergie, et, dans les conditions naturelles, cette énergie provient essentiellement des rayonnements solaires. Aussi existe-t-il une forte dépendance entre l'ETP et les conditions d'ensoleillement du lieu considéré.

L'ETP dépend aussi, dans une moindre mesure, du contenu en vapeur d'eau de l'atmosphère et de l'importance du vent : un air plus sec ou plus chaud conduira à une évaporation plus forte et cela d'autant plus que le vent sera plus fort. Dans le cas des Antilles, les variations de température et d'humidité de l'air restent faibles au cours de la journée et de l'année, aussi est-ce surtout le vent (alizés d'est particulièrement forts en Grande-Terre et plus réduits en Basse-Terre) qui va jouer, en plus des rayonnements, un rôle sensible dans la demande climatique d'ETP.

Les rayonnements solaires étant mesurés maintenant en plusieurs sites des Antilles, le tableau 3 donne les relations utilisables, en différentes conditions, pour estimer l'ETP. Il faut noter que les coefficients obtenus en Guadeloupe, sont sensiblement différents entre Ferme de May (vent fort, zone sèche,) et Domaine Duclos (côte au vent humide).

Pour avoir une estimation de l'ETP il est également possible de se baser sur des appareils mesurant une évaporation. Le tableau 4 montre les relations entre ETP et évaporation d'un bac «Classe A» (il s'agit d'un bac d'évaporation d'eau libre placé au-dessus du sol) qui est une mesure assez courante, en particulier dans les travaux sur les besoins en eau de la canne à sucre. Cet appareil étant assez influencé par la température et le vent, il faut cependant extrapoler avec prudence les relations à des zones non testées.

**TABLEAU 3**

Estimation de l'ETP, en différents lieux, à partir des mesures du rayonnement global (G). G est exprimé en Mégajoules par mètre carré et par jour (3).

*Estimation of the PET (mm/day), for various sites, in function of the solar radiation G in MJ/m2/day.*

| | |
|---|---|
| Domaine Duclos Guadeloupe (A) | ETP (mm/jour) = 0,134 G + 1,1 |
| Ferme de May Guadeloupe (B) | ETP (mm/jour) = 0,165 G + 1,5 |
| Sainte Anne Sud Martinique | ETP (mm/jour) = 0,165 G + 1,8 |

**TABLEAU 4**

Estimation de l'ETP, en différents lieux, à partir des mesures Eb d'évaporation du Bac «Classe A». Eb est exprimée en mm/jour.

*Estimation of the PET (mm/day), for various sites, in function of the «Classe A» Pan evaporation Eb (mm/day).*

| | |
|---|---|
| Domaine Duclos Guadeloupe (A) | ETP (mm/jour) = 0,54 Eb + 1,5 |
| Ferme de May Guadeloupe (B) | ETP (mm/jour) = 0,32 Eb + 2,8 |
| Sainte Anne Sud Martinique | ETP (mm/jour) = 0,43 Eb + 2,2 |

## II. GRANDEURS RELATIVES AU SOL

### A. Eau stockée dans le sol (figure 3)

Le sol est constitué de trois phases : solide, liquide et gazeuse. La phase solide constitue la charpente du sol et son volume est assez constant. C'est dans la porosité du sol non occupé par les éléments solides que l'eau va pouvoir être stockée ; le rapport entre air et eau va être très variable en fonction du contenu en eau du sol. Il est possible de caractériser le contenu en eau du sol par l'humidité qui est le volume d'eau contenu dans un volume donné du sol (4).

---

(3) Le rayonnement global G est l'énergie fournie, sur un plan horizontal, par les rayonnements solaires (directement par le soleil mais aussi par le ciel et les nuages). Durant une très belle journée aux Antilles, G peut atteindre 25 MJ/m2, ce qui représente une énergie capable d'évaporer 10 mm d'eau...

Cette mesure météorologique n'est pas encore effectuée en beaucoup de lieux aux Antilles ; par contre les données de durée d'insolation h, en heures, sont plus fréquentes (les héliographes donnant le temps pendant lequel le soleil a brillé). Il est possible d'estimer le rayonnement global, et en conséquence l'ETP, à partir de h (BONHOMME et VARLET-GRANCHER, 1973) ; pour avoir une valeur approchée, dans des zones voisines de la Guadeloupe, on peut utiliser la relation :

$$G\ (MJ/m2/jour) = 35\ (0{,}25 + 0{,}50\ h / 12)$$

(4) En fait l'humidité est souvent calculée en prenant une masse de terre humide Mh, en la passant à l'étuve à 105°C pour obtenir une masse sèche Ms :

$$(Mh - Ms) * 100 / Ms$$

est alors l'humidité pondérale du sol Hp en %. Pour passer à l'humidité volumique Hv (volume d'eau / volume de sol), il faut connaître la densité apparente da (poids de sol sec / volume de sol en place) :

$$Hv = Hp * da$$

Le tableau 5 montre que pour la majorité des sols de Guadeloupe à très forte teneur en argile, la densité apparente est proche de 1 : les humidités volumiques et pondérales sont alors voisines.

L'humidité maximale que va pouvoir atteindre un sol, après une pluie ou une irrigation, est donc égale au volume total des phases liquide et gazeuse : c'est l'HUMIDITÉ A LA SATURATION. Dans cette situation les plantes peuvent souffrir d'asphyxie car tous les pores du sol sont occupés par de l'eau, et les échanges d'oxygène (nécessaires à la respiration des racines) sont difficiles.

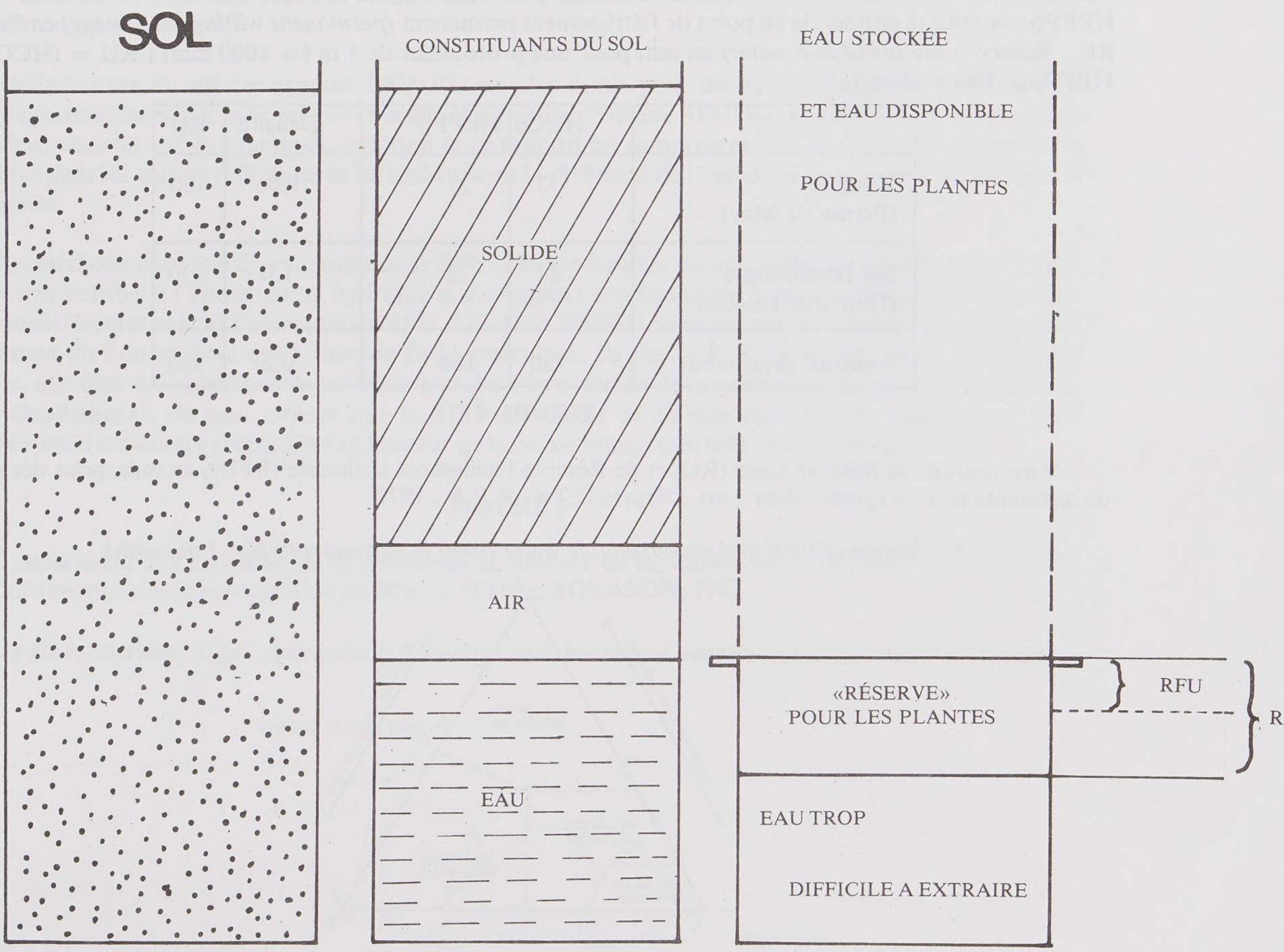
Assez vite, par simple effet de la gravité, l'eau en excédent va s'écouler par drainage jusqu'à ce que le volume normalement occupé par l'air soit libéré : le sol est «ressuyé», l'eau est retenue par simple capillarité : c'est l'HUMIDITÉ A LA CAPACITÉ AU CHAMP (HCC).

A partir de cette humidité l'eau n'est plus mobile par simple gravité, mais les racines en exerçant une succion (due à «l'appel d'eau» provoqué par la transpiration des feuilles) peuvent extraire l'eau du sol disponible pour les plantes.

**FIGURE 3**

Schématisation des différents compartiments du sol.

*Diagram of the soil compartments.*



**B. Eau du sol disponible pour les plantes**

Plus l'humidité va décroitre dans le sol, plus les plantes auront des difficultés à extraire l'eau. Il existe une limite qui correspond à la force de succion maximale que peuvent exercer les racines. On estime souvent que cette force maximale est voisine de 16 atmosphères (5) : l'humidité correspondante du sol soumis à l'extraction racinaire est l'HUMIDITÉ AU POINT DE FLÉTRISSEMENT PERMANENT (HPFP).

Plus le sol contient d'éléments très fins, plus il cède l'eau avec difficulté. Le tableau 5 montre que les sols très argileux de Guadeloupe ont, lorsqu'ils sont ressuyés, une humidité très élevée (HCC), mais que leur HPFP est également élevée : ils contiennent encore beaucoup d'eau mais celle-ci n'est pas disponible pour les plantes.

**TABLEAU 5**

Ordre de grandeur de quelques caractéristiques des sols en Guadeloupe. D'après VALANCOGNE, 1979 et GRANJEAN *et al.*, 1984.

*Estimation of some soil characteristics in Guadeloupe.*

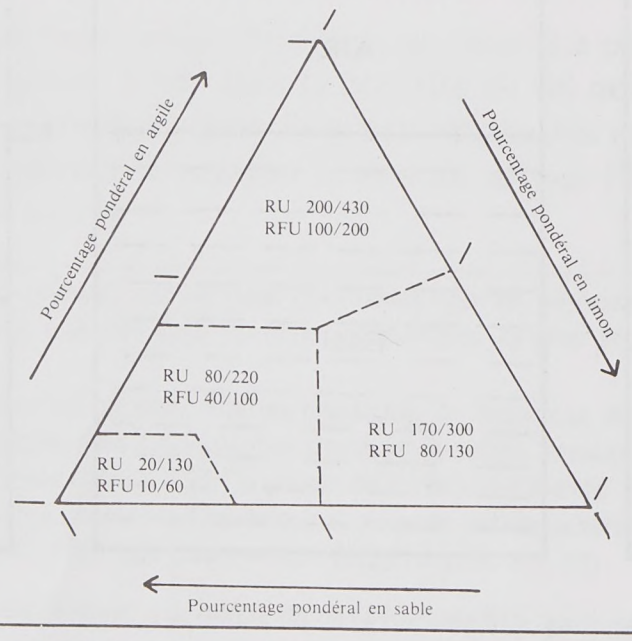
HCCp : Humidité pondérale à la capacité au champ *(field capacity)* en %
HPFPp : Humidité pondérale au point de flétrissement permanent *(permanent wilting percentage)* en %
RU : Réserve utile *(available water)* en mm pour une profondeur de 1 m (= 1000 mm) ; RU = (HCCp - HPFPp)* 1000* Densité

| | HCCp | HPFPp | Densité | RU |
|---|---|---|---|---|
| Vertisol (Ferme de May) | 55 | 37 | 1,06 | 180 |
| Sol ferrallitique (Domaine Duclos) | 44 | 22 | 1,0 | 220 |
| Andosol (Matouba) | 150 | 100 | 0,6 | 300 |

**FIGURE 4**

Variations de la Réserve Utile (RU) et de Réserve Facilement Utilisable (RFU), en mm, pour des sols de différente texture (profondeur 1 m). D'après C.T.G.R.E.F., 1979.

*Variations of total and easy available water (mm) in various soils (for 1 m depth).*




(5) Une pression de une atmosphère correspond à celle exercée par une colonne d'eau de 10 mètres d'eau environ. A noter qu'il existe des appareils qui permettent de mesurer la force de succion correspondant à un certain état hydrique du sol : les tensiomètres. Ce sont des bougies poreuses remplies d'eau que l'on place dans le sol ; on mesure alors, à l'aide d'un manomètre, la dépression provoquée à l'intérieur de la bougie. Dans la pratique ils ne sont utilisables que pour de faibles succions, c'est-à-dire pour des humidités supérieures ou voisines de HCC. Ils sont donc plutôt utilisés pour des études de transfert d'eau (drainages ou remontées capillaires) que pour la caractérisation des disponibilités en eau pour les plantes.

Pour estimer les humidités au point de flétrissement permanent, un échantillon de sol, saturé en eau, est placé sur une plaque de porcelaine poreuse, et soumis à une pression de 16 atmosphères ; lorsqu'il a atteint son équilibre (absence de flux d'eau) on mesure son humidité qui est l'HPFP.

### C. Notions de Réserve d'eau Utile et de Réserve Facilement Utilisable

La quantité d'eau maximale disponible dans le sol pour la plante dépend :

- des valeurs de HCC et HPFP (en %),
- de la profondeur de sol exploitée par les plantes Z (en mm),

on l'appelle la RÉSERVE UTILE (RU), et elle se calcule en mm :

$$RU = (HCC - HPFP)_{\star} \; Z$$

Mais dans cette «Réserve» une partie seulement est disponible à volonté pour les plantes : on l'appelle la RÉSERVE FACILEMENT UTILISABLE (RFU) ; le reste, appelé quelquefois «Réserve de survie», est plus difficile à extraire et la plante commence à souffrir d'un déficit hydrique dans cette situation. Il est bien évident que l'HUMIDITÉ CRITIQUE, qui correspond à l'épuisement de la RFU, va être fonction de beaucoup de facteurs relatifs à la végétation (sensibilité hydrique, état et développement du système radiculaire,...) mais aussi :

- des conditions d'évaporation : dans les conditions tropicales, où la demande d'évaporation est très forte, l'humidité critique sera plus élevée que dans les conditions de dessèchement modéré (et donc la RFU relativement plus faible),

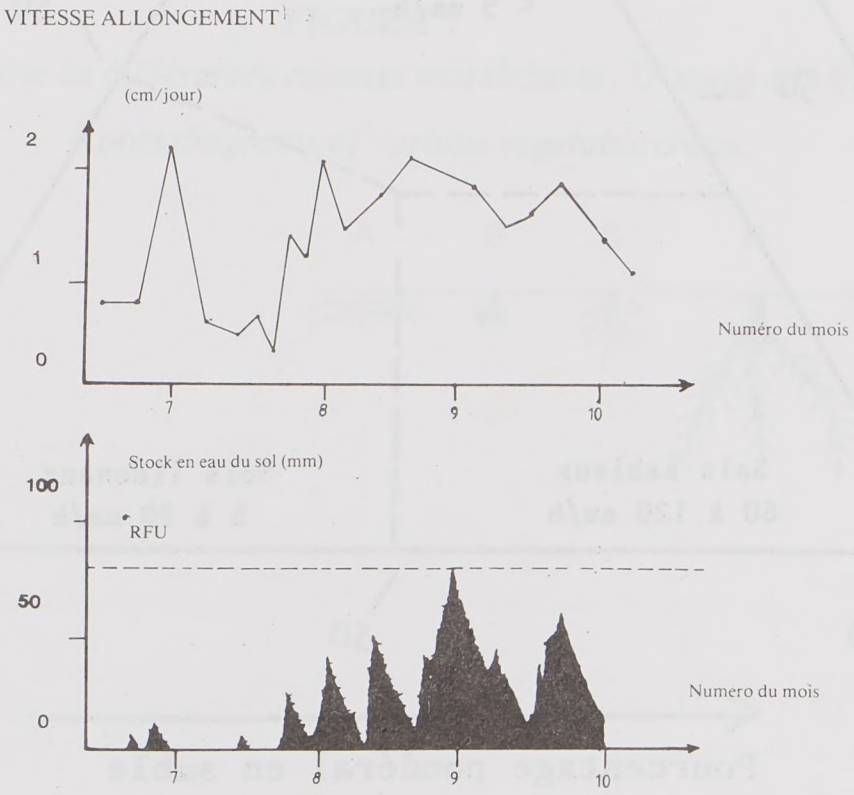
- de la texture du sol : le rapport RFU/RU est plus faible pour des sols à texture fine ; la figure 4 montre que pour les sols à forte teneur en argile et structure grossière RFU/RU est inférieur à 1/2 alors que l'on admet souvent que la gamme de variation de ce rapport est comprise entre 1/2 et 2/3. Ce rapport sera plus élevé dans les sols ferrallitiques et les andosols où la diffusion de l'eau de la réserve vers les racines est plus rapide.

Une méthode indirecte d'évaluation de la RFU consiste à suivre un paramètre de développement de la culture très sensible à l'alimentation hydrique et à comparer son évolution à ceux de bilans hydriques établis avec différentes valeurs théoriques de RFU. La valeur de RFU correcte sera la valeur de réserve épuisée au moment où l'on observe une réduction de la croissance. La figure 5 (KOKASON, 1982) montre, par exemple, que dans les conditions de ces essais (sur deuxième rejeton de canne à sucre en vertisols de Grande-Terre, Guadeloupe), on peut estimer que la RFU est voisine de 80 mm puisque l'on observe une forte réduction de la croissance journalière en hauteur de la canne lorsqu'une telle réserve est épuisée.

**FIGURE 5**

Comparaison de l'évolution de la croissance en hauteur de la canne à sucre (en cm/jour) et du bilan hydrique théorique basé sur une RFU de 80 mm. D'après KOKASON, 1982.

*Comparison between sugar cane growth (cm/day) and theoretical water balance with RFU = 80 mm.*



**D. Aptitudes du sol à l'irrigation**

Si l'on veut éviter le ruissellement (et en conséquence le gaspillage d'eau, l'hétérogénéité d'arrosage, et même l'érosion), il est nécessaire, pour l'irrigation par aspersion en particulier, de ne pas faire d'apport d'eau à un débit supérieur à la capacité d'infiltration dans le sol. Cette capacité est caractérisée par la PERMÉABILITÉ, qui est la quantité maximale d'eau qui peut traverser le sol pendant un temps donné : on l'exprime généralement en millimètres par heure (mm/h).

La figure 6 montre que cette perméabilité varie beaucoup avec la texture du sol, et en particulier qu'elle est extrêmement faible dans les sols argileux qui nous intéressent. De plus, pour ces sols en particulier, elle diminue rapidement lorsque l'humidité augmente : l'irrigation est donc très difficile dans ces conditions puisque la surface du sol sera très vite «gorgée» d'eau même avec des débits d'aspersion faibles.

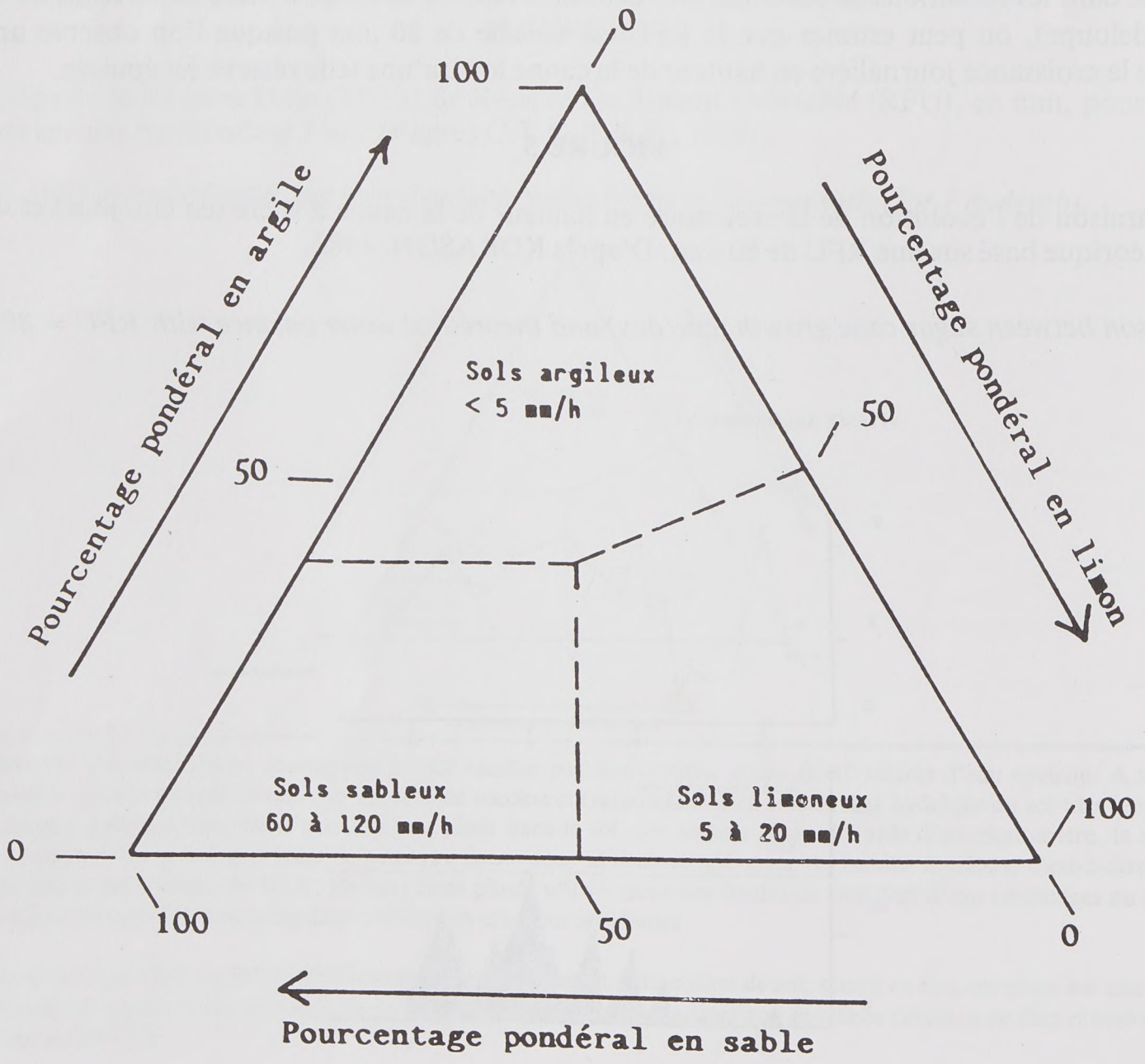
Cette perméabilité dépend aussi de la STRUCTURE du sol. C'est ainsi que pour des teneurs en argile comparables, supérieures à 70 %, les sols ferrallitiques et les andosols, qui sont microstructurés, ont des valeurs de perméabilité qui peuvent être supérieures à 20 mm/h. A l'inverse, les vertisols non microstructurés, ont, en dehors des fentes de retrait qui se referment rapidement, une perméabilité inférieure à 5 mm/h, pouvant descendre à quelques mm/jours si l'arrosage se prolonge.

La structure est elle-même influencée par les travaux culturaux. Mais les PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES du sol sont liées à l'humidité de celui-ci : il y a donc interaction permanente entre conduite de l'irrigation et modes de préparation du sol (voir l'article de CABIDOCHE et NEY, 1985, dans ce numéro).

**FIGURE 6**

Variations de la perméabilité dans des sols de différente texture. D'après C.T.G.R.E.F., 1979.

*Variations of the permeability (mm/hour) in various soils.*



### E. Cas particulier des vertisols

Les vertisols, sols noirs caractéristiques des zones à région sèche marquée, sont fréquents en Grande-Terre. Ils posent des problèmes spécifiques en matière d'évaluation des besoins en eau des plantes et d'irrigation car :

- ils sont constitués d'argiles gonflantes à très petits pores,

- ils ont une structure faite de prismes ou «massifs» de plusieurs décimètres de large, séparés les uns des autres par des fentes de retrait, visibles lorsque le sol est sec,

- ils ont une perméabilité extrêmement faible en dehors des fentes de retrait.

Aussi plusieurs articles de ce numéro sont-ils consacrés à la gestion de l'eau, et aux relations travail du sol/irrigation dans ces sols (CABIDOCHE et NEY).

## III. GRANDEURS RELATIVES A LA PLANTE

C'est par ses racines que la plante extrait l'eau du sol : le développement du système racinaire, sa densité, et surtout la profondeur de prospection qu'il assure, ont donc une grande influence sur les réserves hydriques du sol utilisables par les végétaux.

Cette eau transite jusqu'aux feuilles et elle sort dans l'atmosphère sous forme de vapeur par des orifices (les STOMATES) qui par leur fermeture plus ou moins marquée sont capables d'empêcher une déshydratation trop forte de la plante. Les végétaux fabriquent de la matière végétale (des sucres d'abord, puis des substances plus élaborées) à partir du carbone (appartenant au gaz carbonique de l'air) et grâce à l'énergie du soleil captée par la chlorophylle des feuilles : c'est le mécanisme de la PHOTOSYNTHÈSE. Mais ce gaz carbonique pénètre dans les feuilles par les mêmes stomates qui servent à l'évacuation de la vapeur d'eau : si un dessèchement du végétal entraîne une fermeture des stomates il conduira simultanément à une diminution de l'activité de production photosynthétique.

### A. Développement racinaire et réserve d'eau utilisable par les plantes

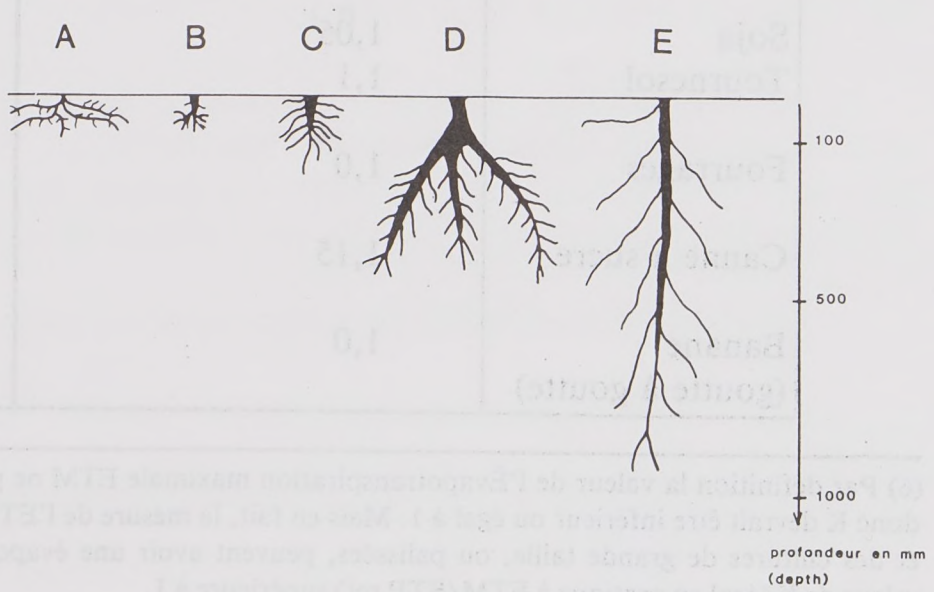
Selon que les plantes ont des racines superficielles ou profondes, elles sont capables de prospecter une profondeur de sol très différente. Or nous avons déjà vu que la réserve utilisable RU (et en conséquence la RFU) était fonction de la profondeur Z. La figure 7 schématise les types de systèmes racinaires, et donc de profondeur prospectée, par quelques plantes maraîchères couramment cultivées aux Antilles. En simplifiant à l'extrême, une même quantité d'eau devra être fractionnée 4 fois pour le concombre ou le poivron, 2 fois pour la tomate, et pourra être apportée en une seule fois sur le melon. Des expérimentations doses-fractionnement sur cultures maraîchères sont présentées par ailleurs (DALY, 1985, dans ce numéro).

**FIGURE 7**

Schéma du système racinaire de différentes cultures maraîchères. D'après ANAÏS et CLAIRON, 1979.

*Roots diagrams of various vegetable crops.*

A : Concombre *(Cucumber)*
B : Laitue *(Lettuce)*
C : Poivron *(Sweet pepper)*
D : Tomate *(Tomato)*
E : Melon *(Melon)*.



## B. Évapotranspiration maximale des cultures. Coefficients culturaux

Par définition l'évapotranspiration ETP est la perte en eau maximale d'une culture de référence en pleine croissance et bien alimentée en eau. Pendant leur phase d'implantation, en particulier, les plantes ne couvrent pas le sol et vont donc avoir une transpiration faible (par unité de surface de sol) ; l'évaporation d'un sol nu étant inférieure à celle d'une culture, l'évapotranspiration (transpiration + évaporation) maximale de la culture va donc être inférieure à ETP. Pour caractériser cette évapotranspiration maximale ETM on utilise la notion de coefficient cultural :

$K = ETM / ETP$

En règle générale lorsque le taux de couverture du sol par la végétation est faible (phase initiale) les besoins en eau sont sensiblement ceux de l'évaporation du sol nu. Puis, avec l'implantation des systèmes racinaire et foliaire, le coefficient cultural croît jusqu'à sa valeur maximale (6). Les phases de fructification sont des périodes particulières durant lesquelles la satisfaction des besoins en eau présente une grande importance (voir § 34), et durant la maturation l'alimentation en eau conditionne souvent la qualité de la production agricole : selon les espèces un rationnement sera nécessaire ou non.

Pour une culture en phase d'installation, après le semis ou la plantation, la valeur de K choisie est généralement de 0,35 (a). Ensuite K est souvent interpolé dans le temps entre cette valeur minimale et la valeur de K pour la phase de pleine végétation (ci-dessous).

Le tableau 6 donne quelques exemples de coefficients culturaux ; les valeurs obtenues en zone tropicale sont souvent plus élevées qu'en climat plus frais. Des données plus complètes pourront être trouvées dans des publications du C.T.G.R.E.F. (1979), de DOORENBOS et PRUITT (1976) et de DALY (1985, dans ce numéro).

### TABLEAU 6

Valeurs des coefficients culturaux ( K = Evapotranspiration maximale ETM / Evapotranspiration potentielle ETP) pour quelques cultures à différents stades. D'après DOORENBOS et PRUITT, 1976 (a) et C.T.G.R.E.F., 1979 (b).

*Crop coefficient (K = Crop Evapotranspiration / Reference Crop Evapotranspiration PET) for various crops at differents stages.*

| CULTURE | K (pleine végétation ) *(mid-season stage)* | K (maturation) *(late season)* | Réf. |
|---|---|---|---|
| Aubergine | 1,0 | 0,9 | b |
| Tomate | 1,1 | 0,7 | b |
| Melon | 0,9 | 0,5 | b |
| Mais grain | 1,1 | 0,55 | a |
| Sorgho | 1,05 | 0,5 | a |
| Riz | 1,2 | 1,1<br>0,9 (mois récolte) | b |
| Soja | 1,05 | 0,45 | a |
| Tournesol | 1,1 | 0,4 | a |
| Fourrages | 1,0 | | b |
| Canne à sucre | 1,15 | 0,85<br>0,65 (mois récolte) | a (Hawai) |
| Banane (goutte à goutte) | 1,0 | 0,7 à 0,4 | b |

(6) Par définition la valeur de l'Évapotranspiration maximale ETM ne peut dépasser celle de l'Évapotranspiration Potentielle ETP, donc K devrait être inférieur ou égal à 1. Mais en fait, la mesure de l'ETP est souvent une mesure de référence faite sur gazon (§ 12), et des cultures de grande taille, ou palissées, peuvent avoir une évaporation légèrement supérieure à cette référence et donc une valeur de K (égal en pratique à ETM/ETP ref) supérieure à 1.

### C. Efficience de l'alimentation en eau des plantes

Nous avons vu que la fermeture partielle des stomates réduit les pertes de vapeur d'eau mais aussi l'activité photosynthétique de la plante (donc sa production). On observe donc souvent, pour une espèce donnée, une proportionnalité entre les phénomènes d'évapotranspiration et de photosynthèse : si le régime d'évapotranspiration est réduit dans un certain rapport, la production potentielle le sera dans la même proportion. La figure 8 montre ainsi, pour différentes cultures, les relations entre rendements relatifs et taux d'évapotranspiration : les pentes sont extrêmement différentes selon les espèces, elles indiquent la sensibilité de la plante à l'alimentation hydrique. En effet si l'on réduit de 20 % la consommation en eau, cela va se traduire par des baisses de rendement d'environ 40 % pour le mais et de seulement 20 % pour le sorgho : l'eau est donc plus ou moins bien valorisée par les différentes cultures. On peut donc définir une efficience agronomique de l'eau apportée (augmentation de la production / quantité d'eau) et aussi une efficience économique (augmentation du revenu / coût de l'irrigation).

**FIGURE 8**

Variation de la production relative (production réelle / production maximale) de différentes cultures en fonction du taux relatif d'évapotranspiration (évapotranspiration réelle / évapotranspiration potentielle).

*Variation of the relative yield (actual yield / maximal yield) for various crops in function of relative evapotranspiration (actual evapotranspiration / potentiel evapotranspiration).*

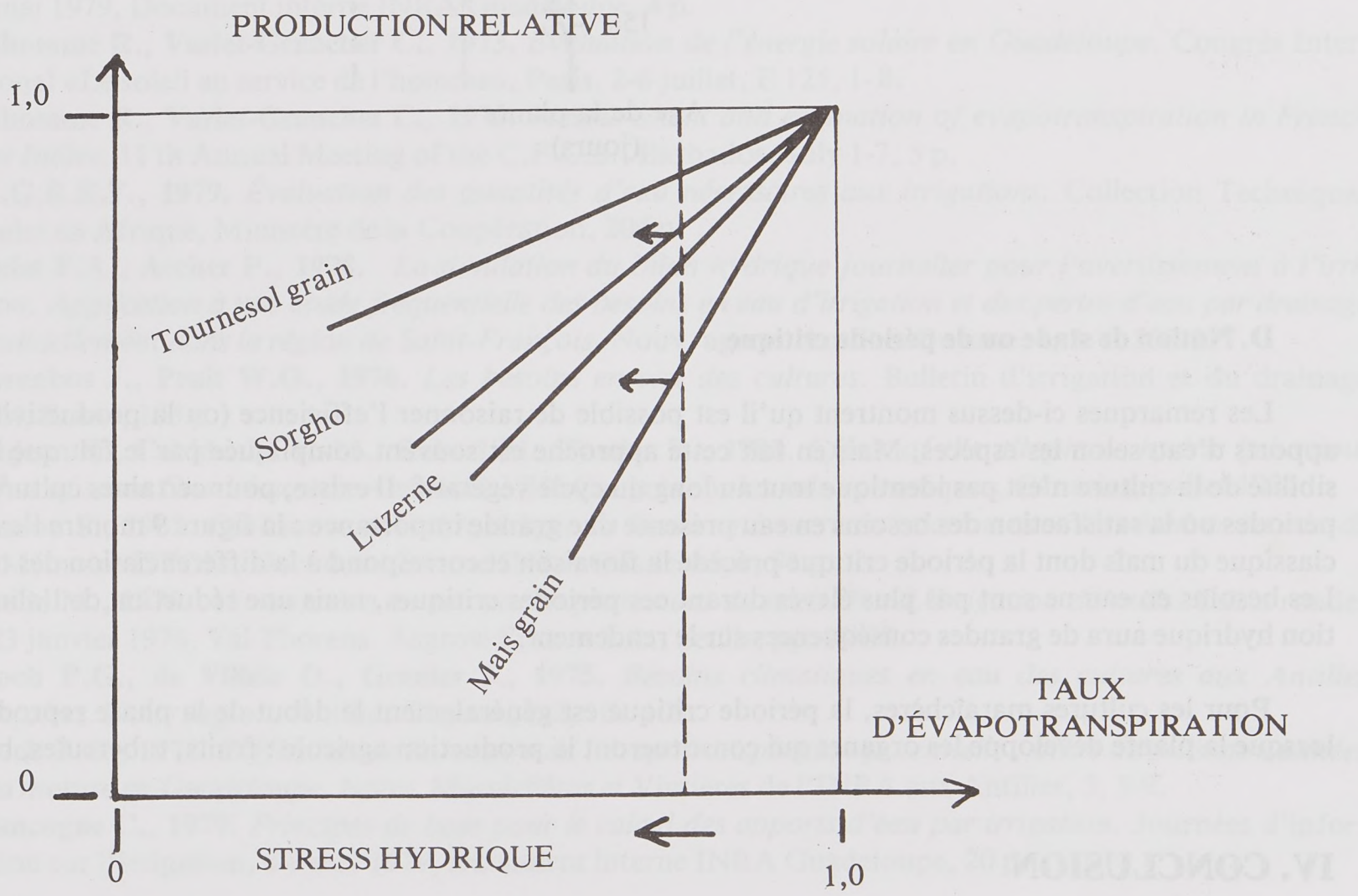
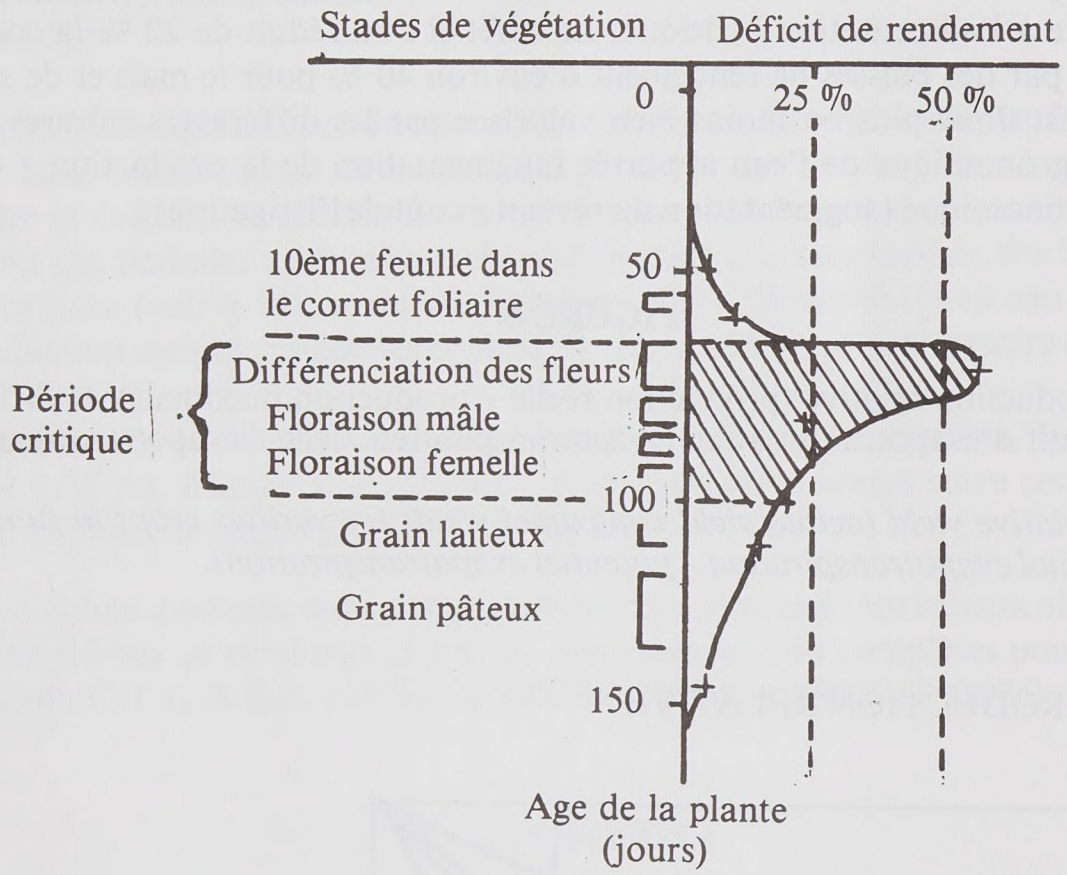


**FIGURE 9**

Influence du même stress hydrique, imposé à différentes âges d'une culture de maîs, sur le déficit de rendement. Mise en évidence d'une période critique de la différenciation des ovules jusqu'à la floraison. D'après ROBELIN, 1976.

*Influence of the same water stress on yield reduction at various stages of a corn crop. The critical period for water is between the ovule differenciation and the silking.*




**D. Notion de stade ou de période critique**

Les remarques ci-dessus montrent qu'il est possible de raisonner l'efficience (ou la productivité) des apports d'eau selon les espèces. Mais en fait cette approche est souvent compliquée par le fait que la sensibilité de la culture n'est pas identique tout au long du cycle végétatif. Il existe, pour certaines cultures, des périodes où la satisfaction des besoins en eau présente une grande importance : la figure 9 montre l'exemple classique du maîs dont la période critique précède la floraison et correspond à la différenciation des ovules. Les besoins en eau ne sont pas plus élevés durant ces périodes critiques, mais une réduction de l'alimentation hydrique aura de grandes conséquences sur le rendement.

Pour les cultures maraîchères, la période critique est généralement le début de la phase reproductive lorsque la plante développe les organes qui constitueront la production agricole : fruits, tubercules, bulbes.

## IV. CONCLUSION

Cette présentation de données générales, et de quelques études particulières, permet de faire le point de nos connaissances dans l'étude des besoins en eau aux Antilles. Sans être exhaustifs, il nous semble important de souligner quelques points sur lesquels des travaux doivent être poursuivis ou entrepris (les articles suivants de ce numéro développent certains de ces thèmes) :

- variabilité spatiale de l'ETP (influence de l'altitude, de l'orientation ; cas des zones sous-le-vent,...),

- évaluation des ressources en eau pour différentes régions des Antilles,

- estimation de l'efficacité des précipitations pour les cultures (prise en compte de l'intensité de pluie, du ruissellement, du drainage,...),

- mise au point de modèles de prédiction des rendements en fonction de l'alimentation hydrique de la culture,

- gestion de l'eau en sols hétérogènes et plus particulièrement en vertisols,

- recherche de l'alimentation hydrique optimale (sous l'angle agronomique mais aussi sous l'angle économique) pour différentes cultures des Antilles : prise en compte des phases critiques,...

- alimentation minérale en culture irriguée,

- interactions irrigation - travail du sol, irrigation - désherbage, irrigation - pathologie,...

- recherche de techniques d'irrigation adaptées aux conditions de milieu et aux cultures envisagées.

Il apparaît que seules des actions pluridisciplinaires entre organismes de recherche, mais aussi des actions coordonnées recherche - développement permettront de progresser de façon cohérente vers une meilleure compréhension des besoins en eau des cultures et de l'irrigation aux Antilles.

## RÉFÉRENCES


**Anaïs G., Clairon M., 1979.** *Irrigation des cultures maraîchères.* Journées d'information sur l'Irrigation, 8-9 mai 1979, Document interne INRA Guadeloupe, 4 p.

**Bonhomme R., Varlet-Grancher C., 1973.** *Évaluation de l'énergie solaire en Guadeloupe.* Congrès International «Le soleil au service de l'homme», Paris, 2-6 juillet, E 125, 1-8.

**Bonhomme R., Varlet-Granchet C., 1973.** *Measurement and estimation of evapotranspiration in French West Indies.* 11 th Annual Meeting of the C.F.C.S., Barbados, July 1-7, 5 p.

**C.T.G.R.E.F., 1979.** *Évaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations.* Collection Techniques Rurales en Afrique, Ministère de la Coopération, 204 p.

**Daudet F.A., Archer P., 1978.** *La simulation du bilan hydrique journalier pour l'avertissement à l'irrigation. Application à une étude fréquentielle des besoins en eau d'irrigation et des pertes d'eau par drainage ou ruissellement dans la région de Saint-François.* Nouv. agron. Antilles-Guyane, 4, 3/4, 208-227.

**Doorenbos J., Pruit W.O., 1976.** *Les besoins en eau des cultures.* Bulletin d'irrigation et du drainage N° 24, Rome, 198 p.

**Granjean E., Cabidoche Y.-M., Robert M., Tessier D., 1984.** *Effect of the allophane hydric behaviour on that of some Guadeloupean Andosoils.* IIIè Congrès sur les sols volcaniques, Canaries, juillet 1984.

**Kokason S., 1982.** *Croissance et état hydrique de la canne à sucre en relation avec les réserves en eau du sol.* Mémoire ISTOM, Document interne INRA Guadeloupe, 96 p.

**Robelin M., 1976.** *Alimentation en eau et comportement du maïs. In : L'irrigation du maïs.* Table ronde, 22-23 janvier 1976, Val Thorens. Asgrow France S.A., Senlis, pp. 29-38.

**Schoch P.G., de Villele O., Granier J., 1975.** *Besoins climatiques en eau des cultures aux Antilles Françaises.* Nouv. agron. Antilles-Guyane, 1,2, 101-108.

**Schoch P.G., 1972.** *Difficultés de la mesure de l'évapotranspiration potentielle ; bilan de plusieurs années de sa mesure en Guadeloupe.* Nouv. Maraîchères et Vivrières de l'INRA aux Antilles, 3, 5-9.

**Valancogne C., 1979.** *Principes de base pour le calcul des apports d'eau par irrigation.* Journées d'information sur l'Irrigation, 8-9 mai 1979, Document interne INRA Guadeloupe, 20 p.



## RÉSUMÉ

L'étude des besoins en eau des cultures nécessite la connaissance de données relatives au climat, au sol et à la plante. Les variations de ces différentes grandeurs sont analysées dans les conditions des Antilles.

La figure 2 montre les différences d'Évapotranspiration Potentielle (ETP) entre deux zones



## *SUMMARY*

## *CROP WATER REQUIREMENTS IN THE ANTILLES*

*The study of the crop water requirements requires the knowledge of climate, soil and crop data. The variation of these various values are discussed in Antilles conditions.*

de Guadeloupe. Les besoins en eau vont donc être très différents entre ces deux sites compte-tenu de la forte variation de pluviométrie. Quelques formules d'estimation de l'ETP à partir du rayonnement ou de l'évaporation sont données dans les tableaux 3 et 4.

Les possibilités de réserve en eau du sol sont analysées en insistant sur les différences entre eau stockée et eau disponible pour les plantes (Réserve Utile, Réserve Facilement Utilisable). L'aptitude des sols à l'irrigation (perméabilité,...) est également discutée en évoquant le cas particulier des vertisols.

Le calcul des besoins en eau des cultures va dépendre du développement racinaire de celles-ci, mais aussi de leur stade qui conditionne l'Évapotranspiration Maximale (notion de coefficient cultural). La recherche d'une irrigation optimale doit prendre en compte aussi la sensibilité de la plante aux stress hydriques aux différentes phases de son développement.

*The figure 2 shows the Potential Evapotranspiration (PET) for two stations in Guadeloupe. Taking into account the rain variation in the two sites the water requirements are very different.*

*The soil water reserve is studied with a particular discussion on the total and easy available water in various soils. The soil irrigation capability is discussed and the difficulties for irrigation in swelling soils are emphasized.*

*The evaluation of the crop water requirements is function of the root depth but also of the crop stage which influences the maximal evapotranspiration (crop coefficient). The choice of an optimal irrigation for a crop takes into account the critical stages for water during the plant development.*

# Variabilité des pluies et des ressources en eau de surface en Guadeloupe

*Michel Hoepffner, Marc Morell & Dominique Rossignol*
**O.R.S.T.O.M.*, Centre de Guadeloupe, B.P. 1020, F 97178 Pointe-à-Pitre Cedex**

## I. PRÉSENTATION

Une des caractéristiques les plus marquantes de la Guadeloupe est la profonde diversité de ses paysages sur une superficie relativement restreinte (inférieure à 2000 km2).

On peut d'abord être frappé par le relief contrasté des deux îles principales. On l'est tout autant par la variété des végétattions : «... en quelques dizaines de kilomètres, on passe des paysages forestiers ruisselants d'humidité du Matouba aux savanes jaunies de la Côte Sous le Vent et aux maigres halliers de la Pointe des Chateaux...» (G. LASSERRE, tome 1, page 163)

Les contrastes de relief et de végétation sont-ils effectivement liés entre eux par l'inégalité dans les répartitions spatiales des pluies et des écoulements ?

D'autre part, durant ces cinq dernières années, de 1979 à 1983, nous avons connu en Guadeloupe 4 années qui ont marqué les mémoires :

- 1979 et 1981 par leurs «excès d'eau»,
- 1980 et 1983 par leur «sécheresse».

Comment préciser le caractère exceptionnel de ces années, sinon en les comparant statistiquement aux années antérieures, après s'être assuré que les données utilisées sont comparables ?

Et, au cours de ces années-là, est-ce que leur caractère a été globalement exceptionnel, ou bien faut-il particulariser le jugement par zone pluviométriquement homogène ?

## II. INFLUENCE DU MILIEU

La Guadeloupe est un archipel constitué de deux îles principales, la Guadeloupe proprement dite (ou «Basse-Terre»), et la Grande-Terre, et de plusieurs îles de dimensions plus restreintes (Marie-Galante, les Saintes, Désirade, St Barthélémy, St Martin,...).

Nous nous attacherons plus particulièrement dans cet article à l'étude de la variabilité et de l'importance des ressources en eau de surface des deux principales îles où se situent la plupart des activités de l'archipel, en particulier dans le domaine de l'occupation humaine ou de l'agriculture. En effet, l'étude de la disponibilité de l'eau est liée très directement aux besoins en eau, pour l'alimentation en eau des populations ou pour l'irrigation des cultures.

---

* Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer

Ces deux îles, séparées par un bras de mer de quelques dizaines de mètres de large, connaissent une répartition des pluies et des écoulements très inégale. Ceci est lié à leur relief respectif, ainsi qu'à leur situation par rapport aux vents dominants d'Est et à leurs types de sols.

Nous allons donc décrire très brièvement le milieu physique de ces deux îles.

**A. Le climat** d'après THEVENEAU, (1962)

«L'évolution saisonnière du champ cyclonique tropical atlantique détermine la structure de l'alizé et la succession des types de temps sur les Antilles». De ce fait, on peut distinguer deux périodes d'égale durée.

La première, de décembre à mai est caractérisée par une influence du courant d'Ouest lié à l'activité du front polaire, avec des alizés rapides et une pluviométrie faible, particulièrement de février à avril («carême»).

La deuxième période, de juin à novembre, correspond à un régime plus lent des alizés tropicaux humides, avec une forte activité convective et des situations «d'alizés perturbés». Les pluviométries de ces six mois sont en règle générale les plus élevées : c'est la saison des pluies.

**B. Le relief**

La Grande-Terre avec une superficie de 570 km2, a un relief relativement faible (altitude maximale inférieure à 200 m), composée de plateaux au Nord et au Sud-Est, et de mornes au Sud.

Par contre, sur la Basse-Terre (950 km2) située au Sud-Ouest de la Grande-Terre, une chaîne de sommets volcaniques oppose aux vents d'Est une barrière continue dont l'altitude varie, du Nord au Sud, de 611 m (Dos d'Ane) à 1467 m (Soufrière).

Cette chaîne présente un versant «au vent», bien développé au Nord-Est, et un versant «sous le vent» plus réduit.

Les profils en long des cours d'eau sont de ce fait relativement faibles en Grande-Terre et bien marqués en Basse-Terre.

**C. Le sol et le sous-sol**

On rencontre essentiellement, du point de vue hydrologique :

- des sols ferrallitiques, au Nord de la Basse-Terre, sur les formations volcaniques anciennes,

- des sols à allophanes ou à halloysites, à grande capacité de rétention en eau au Sud de la Basse-Terre, avec des nappes d'eau souterraines importantes,

- des sols à argile gonflante sur les calcaires coralliens de la Grande-Terre, desséchés et fissurés en l'absence de pluie où l'infiltration profonde peut être totale. Par contre, après colmatage des fissures par des pluies, l'infiltration peut cesser totalement et provoquer des ruissellements importants (cf. CABIDOCHE et NEY, 1985, dans ce numéro).

## III. LA PLUVIOMÉTRIE

**A. Son origine**

La répartition de la pluviométrie est conditionnée principalement :
- par la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère
- par l'apparition de conditions propices à la condensation de cette eau sous forme de pluie.

L'eau contenue dans les masses d'air transportées par les alizés d'Est après leur passage au-dessus de l'Océan Atlantique précipite sous l'effet :

- de la convection dûe à l'échauffement du sol (effet de continentalité)
- de l'ascendance de ces masses d'air provoquée par un relief marqué comme celui de la chaîne volcanique de la Basse-Terre
- de perturbations du flux d'alizés (convergences, ondes d'Est, cyclones,...)

Les variabilités dans le temps, en un même point, des précipitations sont liées principalement aux variations des positions relatives des cellules anticycloniques et aux perturbations du flux d'alizés. Par contre, les variabilités spatiales, d'un point à l'autre de la Guadeloupe, sont conditionnées essentiellement par leur position respective par rapport :

- à la masse continentale que représentent les deux îles principales de l'archipel (effet de «continentalité»),

- aux reliefs de ces deux îles, et plus particulièrement au plus important d'entre eux, celui de la chaîne volcanique de la Basse-Terre (effet de «barrière»).

Nous allons étudier dans quelle mesure les données pluviométriques obtenues en Guadeloupe depuis plus de 50 ans permettent de le confirmer.

**B. Inventaire et homogénéisation des données pluviométriques**

Nous allons faire le point sur la consistance des données actuellement disponibles pour l'étude de la variabilité des pluies, car l'étendue dans le temps et dans l'espace de ces données nous indiquera déjà ce que l'on peut espérer obtenir d'elles.

L'ORSTOM (CHAPERON, L'HOTE et VUILLAUME, 1982) a inventorié l'ensemble des données obtenues en Guadeloupe jusqu'en 1978.

Les premiers relevés ont été effectués en Guadeloupe en 1782, mais n'ont pas duré plus d'une année. C'est à partir de 1830 que commence à se constituer un réseau de mesures. Mais aucune de ces stations ne fonctionne à l'heure actuelle, puisque la dernière d'entre elles (Camp Jacob) a été fermée en 1965.

Des tableaux de pluies mensuelles et annuelles pour la période de 1866 à 1884 ont pu être retrouvés. Il s'agit principalement de relevés effectués par les usines à sucre. Ce n'est qu'à partir de 1921 et surtout de 1928 que des données journalières consistantes ont pu être collationnées. Ce sont toujours des données de postes d'usine à sucre (une centaine), dont la moitié est encore observée maintenant.

Le Service Météorologique a commencé à équiper la Guadeloupe à partir de 1942 avec près de 65 postes pluviométriques. Et des organismes de recherches comme l'INRA*, le Département Fruitier du C.I.R.A.D.**, l'O.R.S.T.O.M., ou l'IPG*** ont développé par ailleurs des réseaux de mesures répondant à leurs besoins spécifiques.

Au total, près de deux cents postes, avec environ 4 000 stations/années ont été recensés.

Mais, pour comparer valablement les données pluviométriques entre elles il est préférable que leurs conditions d'obtention (environnement immédiat, matériel de mesure...) soient identiques en un même poste, et qu'elles soient ramenées à une période d'observation commune, lorsqu'il s'agit de postes différents.

Après avoir utilisé les méthodes d'homogénéisation basées sur la méthode du «vecteur régional d'indices pluviométriques» (HIEZ, 1977 et BRUNET-MORET, 1978), seule une centaine de postes a été prise en compte, mais la densité de ces postes est très variable selon les régions. En effet, nous avons vu plus haut que le premier réseau de mesure a été constitué par les usines à sucre, afin de suivre de près, par les pluies, la croissance des cannes. De ce fait, les régions cannières du Nord, du Sud-Est et du Sud-Ouest de la Grande-Terre et du Nord-Est de la Basse-Terre ont été bien couvertes, et le sont encore correctement aujourd'hui.

---

* Institut National de la Recherche Agronomique
** Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
*** Institut de Physique du Globe.

Par contre, sur les Grands-Fonds de Grande-Terre, les zones d'altitude de la Basse-Terre et sa Côte Sous le Vent, les données manquent pour en caractériser les variabilités pluviométriques.

Malgré tout, des résultats très intéressants ont pu être obtenus par Y. L'HOTE (in CHAPERON et al, 1982) par le regroupement des postes pluviométriques retenus dans le fichier opérationnel en 5 zones considérées comme homogènes :

- le Nord de la Grande-Terre, à partir de 1938,
- le Sud-Est de la Grande-Terre, à partir de 1950,
- le Sud-Ouest de la Grande-Terre, à partir de 1929, avec, essentiellement, la plaine des Abymes,
- la Côte-au-Vent de la Basse-Terre, à partir de 1929,
- la Côte-Sous-le-Vent de la Basse-Terre, à partir de 1952.

Les zones «de bonne qualité» sur lesquelles les observations pluviométriques ont été les plus nombreuses sont effectivement la plaine des Abymes et le Nord-Est de la Côte au Vent de la Basse-Terre, puis le Nord de la Grande-Terre avec les postes de Beauport, et enfin le Sud-Est de la Grande-Terre avec ceux de Gardel (figures 1 et 2).

A partir du «fichier pluviométrique opérationnel» établi après l'homogénéisation des données originales sur la base de ces cinq zones principales, un certain nombre de déterminations sur les variabilités régionales et temporelles vont être présentées.

**C. Variabilité spatiale (les moyennes interannuelles)**

Pour chacun des postes pris en compte dans le fichier opérationnel a été calculée la pluviométrie interannuelle $P_{50}$ sur une même période de 50 ans, de 1929 à 1978, selon la formule suivante :

$$P_{50} = \frac{Pn}{K}$$

Pn étant la moyenne interannuelle de ce poste obtenue sur les n années prises en compte pour le vecteur de la région considérée, et K la moyenne des indices annuels de ce vecteur régional pour ces n années.

Les valeurs extrêmes ainsi obtenues vont de 1012 mm à Vieux-Habitants-le-Bouchu, à 20 m d'altitude sur la Côte-Sous-le-Vent, à 6 993 mm à Grand Sans Toucher, l'un des sommets de la Basse-Terre, situé à 1354 m d'altitude, avec une distance de moins de 9 km entre ces deux postes.

Et le pluviographe implanté en avril 1983 par l'ORSTOM à TARISSAN (1 450 m), sur le sommet de la Soufrière, a enregistré 9 240 mm du 1er janvier au 31 décembre 1984, pour une année légèrement déficitaire en zone d'altitude. Nous pouvons donc penser que la pluviométrie interannuelle maximale en Guadeloupe doit être proche de 10 000 mm par an.

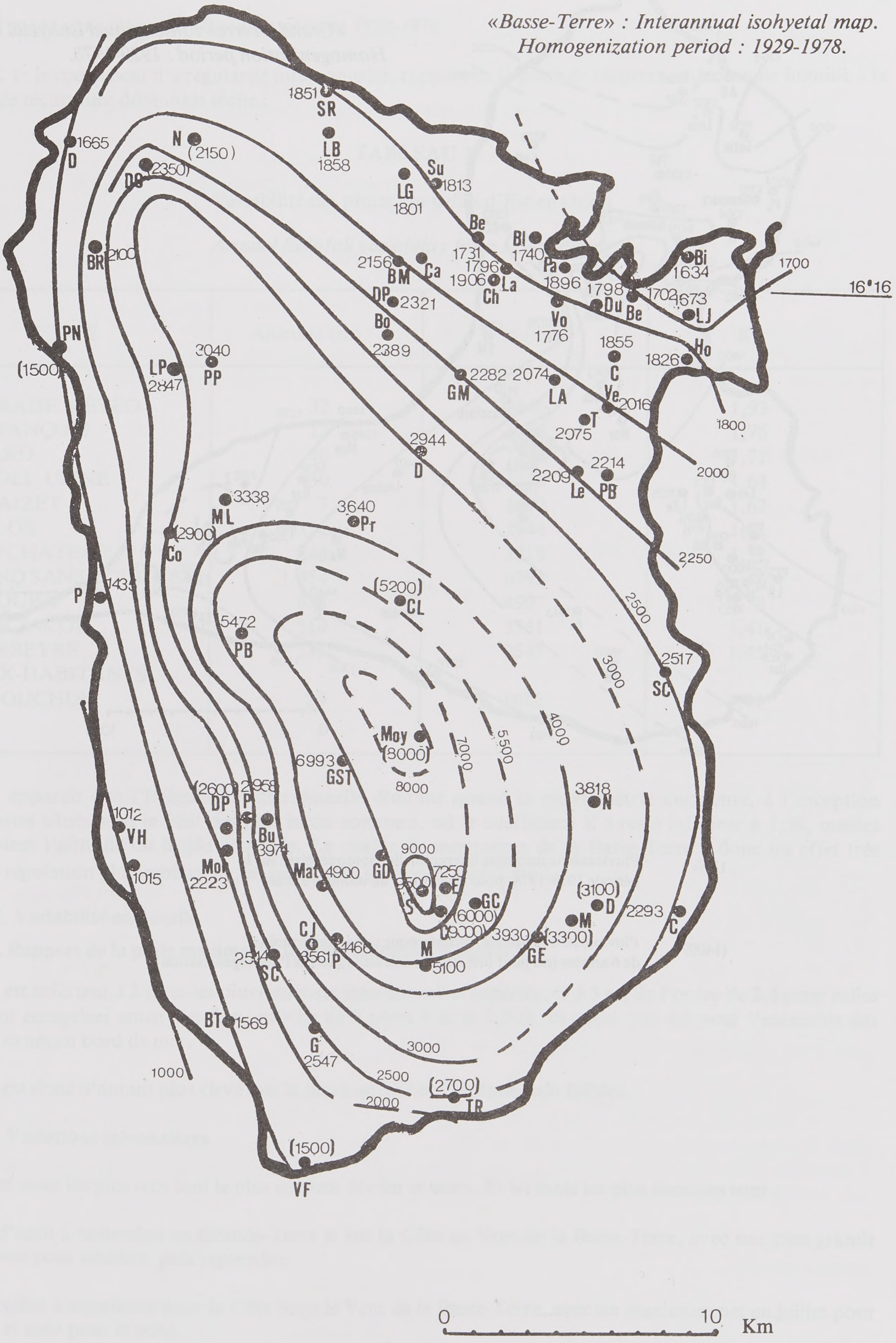
Entre ces extrêmes, on obtient les isohyètes interannuelles données sur les figures 1 et 2.

→

**FIGURE 1**

Basse-Terre : Isohyètes interannuelles. Période homogénéisée : 1929 - 1978.

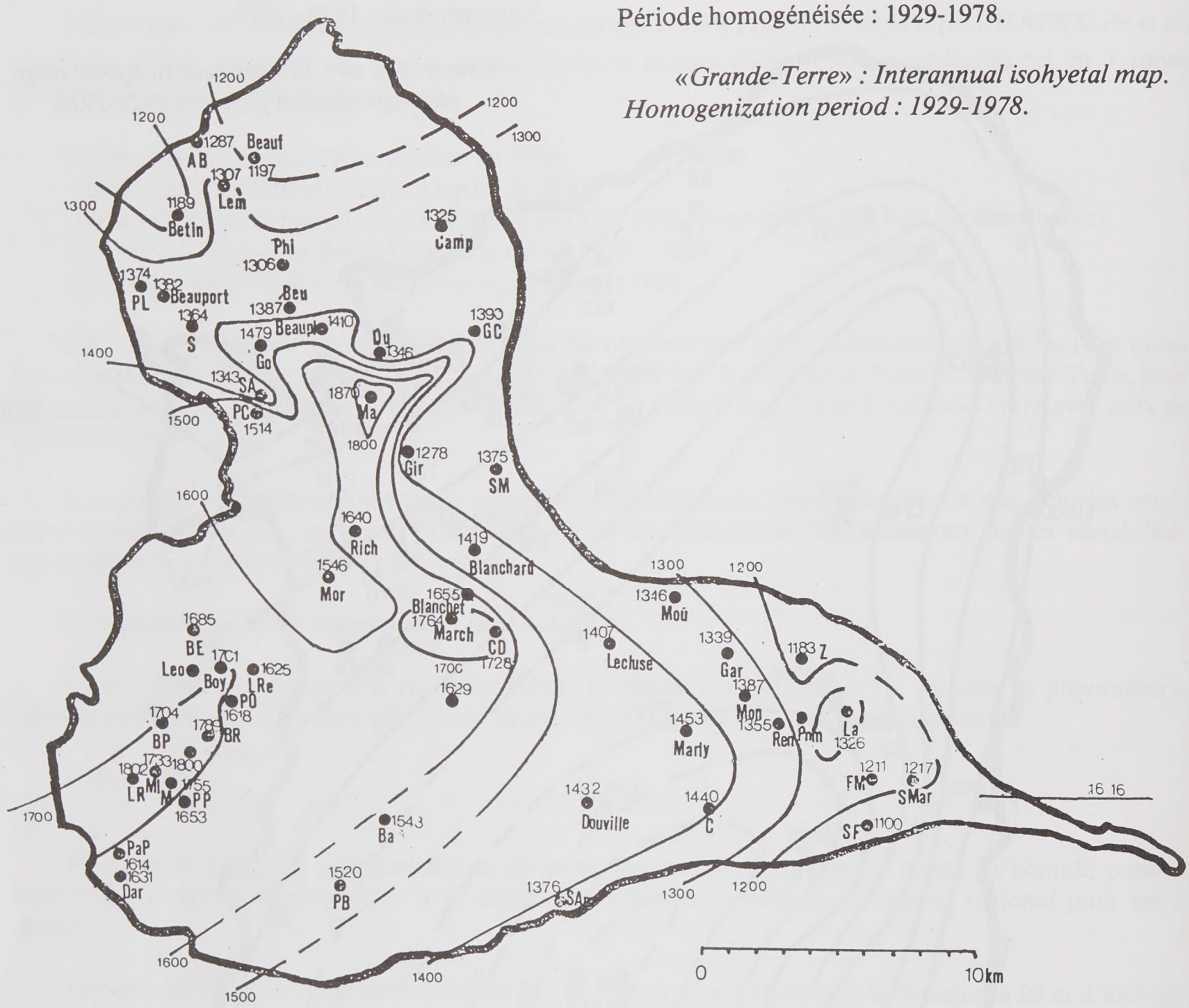
*«Basse-Terre» : Interannual isohyetal map. Homogenization period : 1929-1978.*



## FIGURE 2

Grande-Terre : Isohyètes interannuelles. Période homogénéisée : 1929-1978.

*«Grande-Terre» : Interannual isohyetal map. Homogenization period : 1929-1978.*




1376 Pluviométrie moyenne interannuelle, homogénéisée sur la période 1929-1978, pour une série d'au moins 6 années

(1400) Pluviométrie moyenne, estimée pour une série de moins de 6 années (ou pour une station non retenue dans l'homogénéisation)

**D. Variabilité annuelle**

Si l'on ajuste des lois statistiques aux pluies annuelles «opérationnelles» des postes les plus représentatifs d'une pluviométrie interannuelle, on obtient les résultats suivants, d'Est en Ouest, avec :

P 50 : la pluie interannuelle sur la période 1929-1978

K 3 : le coefficient d'irrégularité interannuelle, rapport de la pluie de récurrence décennale humide à la pluie de récurrence décennale sèche :

**TABLEAU 1**

Variabilité des pluies annuelles d'Est en Ouest

*Annual Rainfall variability from East to West*

| POSTE | Altitude (m) | P 50 (mm) | K3 |
|---|---|---|---|
| DÉSIRADE MÉTÉO | 32 | 1040 | 1,93 |
| ST FRANÇOIS | 12 | 1100 | 1,76 |
| GIRARD | 48 | 1278 | 1,71 |
| GARDEL USINE | 30 | 1339 | 1,64 |
| LE RAIZET | 7 | 1802 | 1,62 |
| DUCLOS | 110 | 2944 | 1,61 |
| NEUFCHATEAU | 245 | 3818 | 1,57 |
| GRAND SANS TOUCHER | 1 354 | 6993 | 1,41 |
| MATOUBA | 685 | 4907 | 1,38 |
| CAMP JACOB | 510 | 3561 | 1,41 |
| GOURBEYRE | 335 | 2547 | 1,45 |
| VIEUX-HABITANTS (LE BOUCHU) | 20 | 1012 | 1,41 |

Il apparaît que l'irrégularité interannuelle diminue quand la pluviométrie augmente, à l'exception des postes situés sous le vent des plus hauts sommets, où le coefficient K 3 reste inférieur à 1,50, quelles que soient l'altitude ou la pluviométrie. La chaîne de montagnes de la Basse-Terre a donc un effet très net de régulation pluviométrique, en particulier sur son versant Ouest.

**E. Variabilité mensuelle**

**1. Rapport de la pluie maximale à la pluie minimale mensuelle.**

Il est inférieur à 2 pour les pluviométries interannuelles supérieures à 5 m, de l'ordre de 2,5 pour celles qui sont comprises entre 4 et 5 m, proche de 3 entre 4 m et 2,5 m, et entre 4 et 4,6 pour l'ensemble des postes situés en bord de mer.

Il est donc d'autant plus élevé que la pluviométrie et l'altitude sont faibles.

**2. Variations saisonnières**

Les mois les plus secs sont le plus souvent février et mars. Et les mois les plus humides sont :

- d'août à novembre en Grande-Terre et sur la Côte au Vent de la Basse-Terre, avec une plus grande fréquence pour octobre, puis septembre

- juillet à septembre pour la Côte Sous le Vent de la Basse-Terre, avec un maximum net en juillet pour le sud, et août pour le nord.

### 3. Analyse statistique

Une analyse statistique des pluies mensuelles des postes les plus fiables donne les conclusions générales suivantes :

- les variabilités sont d'autant plus élevées que les pluviométries sont faibles, qu'elles soient annuelles (de poste à poste) ou mensuelles (de mois à mois).

Ainsi, les variabilités mensuelles sont plus élevées à Duval qu'à Grand-Sans-Toucher, et en février et mars plus qu'en août, septembre ou octobre.

- les années sèches le sont parce que le carême, en général, s'est prolongé tardivement. Par contre, une année pourra être exceptionnellement «humide», alors que les mois de saison sèche ont été exceptionnellement secs, comme en 1958.

## F. Variabilité journalière

Des ajustements à la loi tronquée de Galton ont été effectués par L'HOTE (in CHAPERON et al, 1982). Ils permettent de déterminer les pluies journalières correspondant aux périodes de retour de 1, 10, 20 et 100 ans. Mais la sensibilité de ces résultats est liée très étroitement aux valeurs extrêmes de l'échantillon pris en compte.

Quelques résultats sont fournis :

**TABLEAU 2**

Variabilité des pluies journalières selon les régions et les périodes de retour (en mm)

*Daily rainfall variability (mm)*

| Zone | Période (ans) | Station | Période de retour | | | | Maximum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 10 | 20 | 100 | |
| Sud-Ouest Grande-Terre | 29 | Le Raizet | 86 | 153 | 174 | 240 | 238 (6/7/66) |
| Côte au Vent Basse-Terre | 21 | Duclos | 117 | 221 | 261 | 372 | 313 (Inès) |
| Côte sous le Vent Basse-Terre | 15 | Matouba | 136 | 226 | 258 | 342 | 420 (Héléna) |

438 mm ont été enregistrés à la station de Congo, à 191 m d'altitude en Côte-Sous-le-Vent, au cours de la journée du 29 août 1979, lors du passage du cyclone David près de la Guadeloupe. C'est la valeur maximale que l'on ait obtenue en Guadeloupe à ce jour.

Or de telles valeurs ont été fréquemment dépassées dans les îles voisines (Barbades, Jamaïque, Cuba ou Porto-Rico où des pluies journalières supérieures à 700 mm ont pu être relevées ou enregistrées), ou dans d'autres zones soumises aux cyclones, comme à la Réunion (1870 mm le 15/3/1952) ou en Nouvelle-Calédonie (1692 mm le 23/12/1981) ; les valeurs maximales obtenues jusqu'à présent en Guadeloupe peuvent donc n'être que :

- provisoires, parce que les échantillons pris en compte ne sont pas suffisants, en particulier dans les zones d'altitude

- des valeurs tronquées ou réduites par rapport aux «vraies» valeurs effectivement tombées sur le sol par suite d'un défaut d'appareillage, de lecture ou d'environnement immédiat.

## G. Variabilité des intensités de pluie

Des pluviographes ont été installés par l'ORSTOM pour les besoins des études hydrologiques, essentiellement en Côte Sous le Vent de la Basse-Terre, et bien entendu, par le Service Météorologique au Raizet dans le Sud-Ouest de la Grande-Terre, en plaine des Abymes.

Les courbes fréquentielles des intensités pour des durées variant de 5 minutes à 96 h ont pu être obtenues pour 5 stations par G. VUILLAUME (in CHAPERON *et al.*, 1982) :

- 3 en Côte Sous le Vent (Petite-Plaine, Parnasse-ORSTOM et BUDON)
- 2 au Sud-Ouest de la Grande-Terre (Port-Blanc et le Raizet)

Mais, malgré le nombre appréciable d'années d'enregistrements obtenu pour certains d'entre eux, on se rend compte que les résultats des ajustements statistiques pour les fréquences élevées sont très sensibles aux valeurs extrêmes.

D'autre part, les postes retenus sont trop peu nombreux (5) et mal distribués sur la Guadeloupe (aucun en Côte au Vent de la Basse-Terre, au Nord et au Sud-Est de la Grande-Terre) pour obtenir quelques idées sur la répartition régionale des intensités de pluie.

Malgré tout, les résultats acquis permettent d'obtenir quelques ordres de grandeur (tableau n° 3).

**TABLEAU 3**

Variabilité des intensités de pluie (en mm)

*Rainfall intensities variability (mm)*

| STATION | PÉRIODE DE RETOUR (ans) | 5' | 15' | 1 h | 3 h | 6 h | 12 h | 24 h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PETITE PLAINE<br>P 50 = 3040 mm<br>(1963 - 1980) | 1 | 8,7 | 18,5 | 38,2 | 57,1 | | | |
| | 5 | 11,3 | 23,5 | 51,3 | 79,5 | | | |
| | 10 | 12,5 | 25,7 | 57,2 | 89,8 | | | |
| MAXIMUM OBSERVÉ | | 13,7 | 29,0 | 64,0 | 123 | | | |
| PARNASSE<br>P 50 = 2958 mm<br>(1963 et 1965-74) | 1 | 8,6 | 19,0 | 38,8 | 55,9 | 70,5 | 88,4 | 110 |
| | 5 | 11,8 | 25,1 | 59,2 | 91,8 | 111 | 138 | 169 |
| | 10 | 13,5 | 27,9 | 69,8 | 112 | 132 | 164 | 199 |
| MAXIMUM OBSERVÉ | | 14,1 | 39,8 | 114 | 200 | 281 | 346 | 423 |
| BUDON<br>P 50 = 3974 mm<br>(1969 - 1975) | 1 | 10,1 | 18,8 | 35,6 | 52,0 | 68,1 | 91,8 | 117 |
| | 5 | 13,5 | 24,0 | 44,7 | 68,9 | 91,6 | 128 | 159 |
| | 10 | 15,0 | 26,4 | 48,4 | 76,4 | 102 | 146 | 179 |
| MAXIMUM OBSERVÉ | | 17,0 | 23,3 | 45,5 | 84,0 | 158 | 127 | 187 |
| LE RAIZET<br>P 50 = 1802 mm<br>(1981 - 1978) | 1 | 13,0 | 23,0 | 43,9 | 61,2 | 73,6 | 87,2 | 99,7 |
| | 5 | 16,1 | 29,2 | 62,5 | 103 | 123 | 129 | 156 |
| | 10 | 17,3 | 32,0 | 71,2 | 117 | 117 | 149 | 183 |
| MAXIMUM OBSERVÉ | | 22 | 38 | 73 | 105 | 120 | 183 | 248 |
| PORT BLANC<br>P 50 = 1520 mm<br>(1969 - 1980) | 1 | 8,4 | 18,9 | 36,1 | 48,6 | | | |
| | 5 | 11,7 | 24,7 | 47,4 | 62,8 | | | |
| | 10 | 13,0 | 27,3 | 52,2 | | | | |
| MAXIMUM OBSERVÉ | | 10,2 | 43,0 | 53,5 | 74,0 | | | |

En règle générale, on s'aperçoit que les intensités de pluie cyclonique ne sont supérieures à celles des averses exceptionnelles que pour des durées supérieures à 3 h.

## IV. LES ÉCOULEMENTS DE SURFACE

A l'heure actuelle, les approvisionnements en eau, qu'ils soient à usage agricole ou humain, sont effectués essentiellement au fil de l'eau dans les principaux cours d'eau guadeloupéens.

Il fallait donc caractériser les ressources en eau de surface disponible dans ces cours d'eau, afin de déterminer la part qui pouvait en être prélevée.

A ce titre, des stations de mesure ont été mises en place et contrôlées par l'ORSTOM (figures 3 et 4). Il y en a actuellement 34, les plus anciennes (Prise d'Eau sur la Grande Rivière à Goyaves et la Grande Rivière des Vieux-Habitants au Bourg) ayant été implantées en 1951 :

- 10 en Côte Sous le Vent,
- 17 en Côte au Vent
- 6 en Grande-Terre
- 1 à Marie-Galante

Ces stations sont toutes équipées de limnigraphes pour l'enregistrement des niveaux d'eaux, et des débits d'étiage sont mesurés régulièrement lors de tournées hebdomadaires.

Sur la plupart d'entre elles, des données suffisantes ont pu être obtenues pour étudier les variabilités des écoulements et des étiages annuels.

### A. Écoulements annuels

Après homogénéisation des lames annuelles écoulées sur la période 1951-1978 (1958-1978 pour le bassin-versant de la ravine GACHET), leurs ajustements à des lois statistiques permettent d'obtenir leur coefficient d'irrégularité interannuelle $K_3$.

Celui-ci varie en Basse-Terre entre 1,4 pour la rivière de Gd-Carbet et 2,1 pour celle de Petite-Plaine, alors qu'il est de l'ordre de 15 en Grande-Terre.

On voit ici comme l'irrégularité des pluies en Grande-Terre peut être amplifiée au niveau des écoulements par les caractéristiques des sols, alors que, par contre, elle est à peu près du même ordre en Basse-Terre grâce au caractère régulateur des nappes d'eau souterraines, et des sols à grande rétention en eau d'origine volcanique.

### B. Étiages

L'analyse des débits minimaux journaliers de chaque année n'a pu être effectuée dans la plupart des cas que sur des valeurs estimées à partir de hauteurs lues ou enregistrées.

Ce n'est qu'à partir de 1974, quand des tournées systématiques de mesure des débits d'étiage ont pu être organisées, que les débits minimaux annuels sont connus avec une bonne précision.

De plus, et surtout depuis quelques années, les débits mesurés, qui sont des débits **réellement** écoulés lors des étiages annuels, peuvent ne pas correspondre aux débits minimaux **naturels** lorsque des prélèvements importants, destinés à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable, qui ne sont pas toujours bien connus, sont effectués en amont.

Or, les ajustements statistiques doivent être réalisés sur des échantillons homogènes.

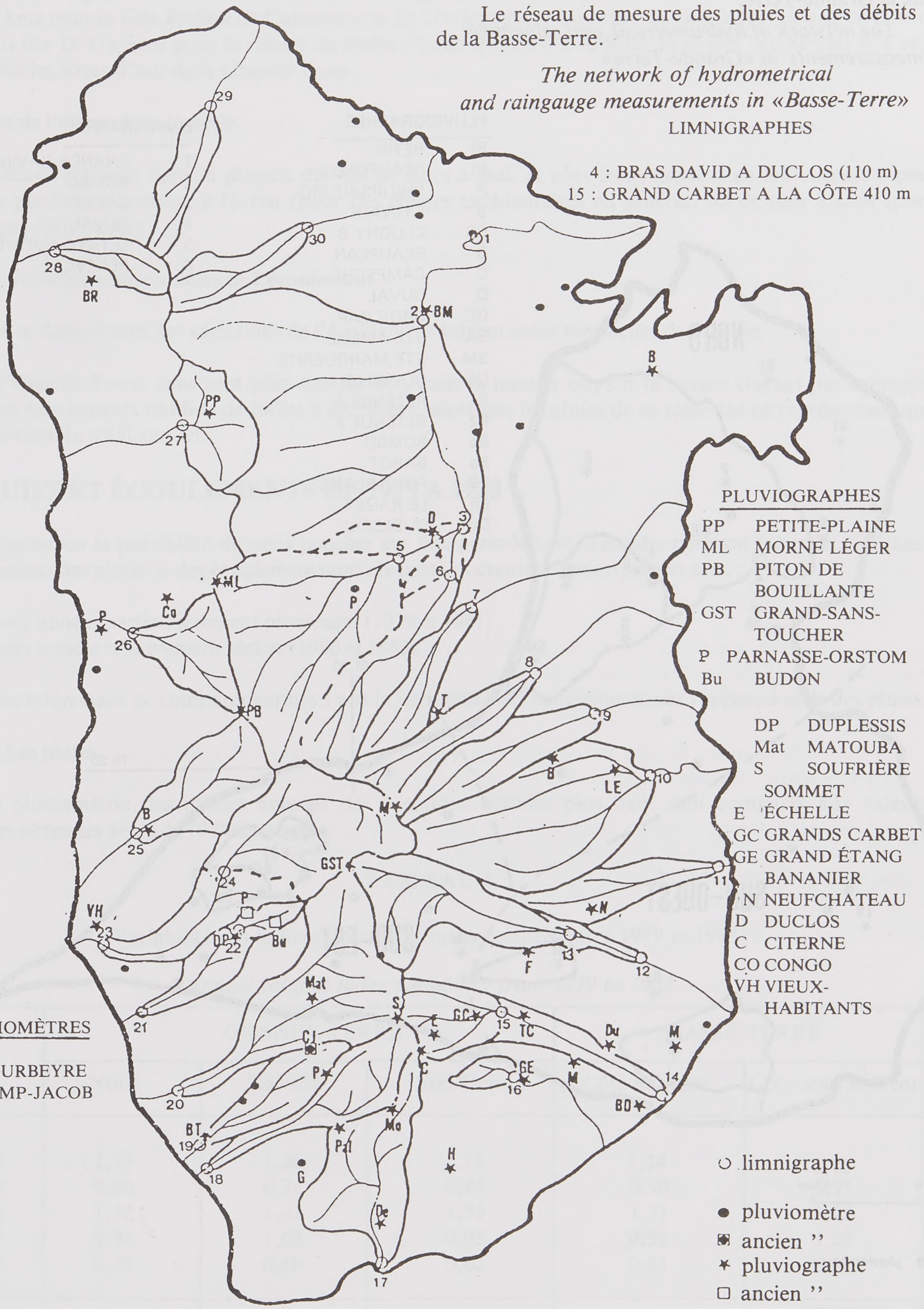
Dans certains cas, il a fallu estimer ces prélèvements, qui peuvent être de l'ordre de la moitié du débit d'étiage «naturel».

Les résultats des ajustements statistiques de ces étiages «naturels» permettent d'obtenir des indications sur les coefficients d'irrégularité interannuelle des étiages : ils varient de 1,5 pour la Lézarde à 2,0 pour Petite-Plaine.

**FIGURE 3**

Le réseau de mesure des pluies et des débits de la Basse-Terre.

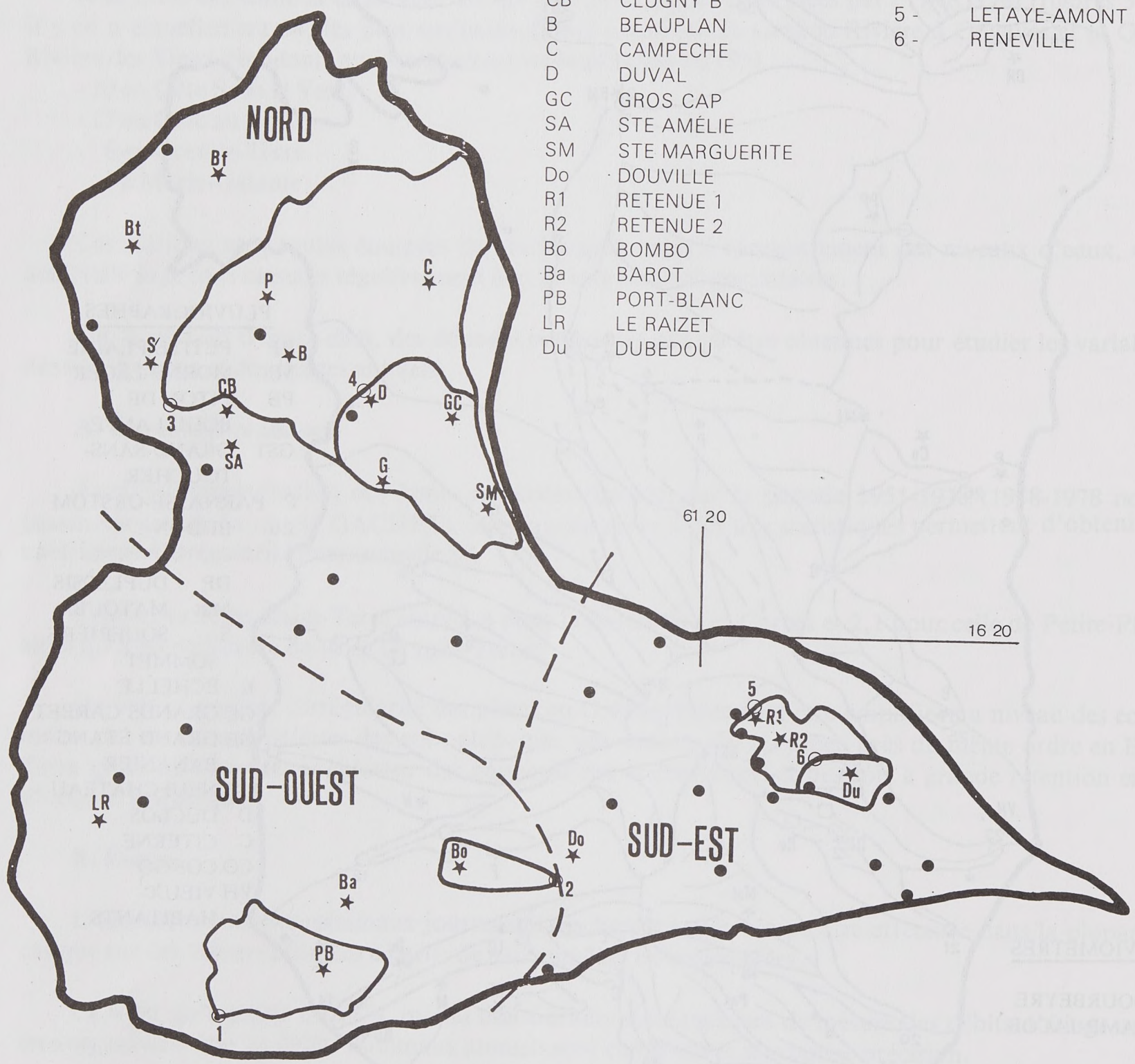
*The network of hydrometrical and raingauge measurements in «Basse-Terre»*



## FIGURE 4

Le réseau de mesure des pluies et des débits de la Grande-Terre.

*The network of hydrometrical and raingange measurements in «Grande-Terre»*




PLUVIOGRAPHES

| | |
|---|---|
| Bt | BETIN |
| Bf | BEAUFONDS |
| P | PHILIPSBOURG |
| S | SYLVAIN |
| CB | CLUGNY B |
| B | BEAUPLAN |
| C | CAMPECHE |
| D | DUVAL |
| GC | GROS CAP |
| SA | STE AMÉLIE |
| SM | STE MARGUERITE |
| Do | DOUVILLE |
| R1 | RETENUE 1 |
| R2 | RETENUE 2 |
| Bo | BOMBO |
| Ba | BAROT |
| PB | PORT-BLANC |
| LR | LE RAIZET |
| Du | DUBEDOU |

LIMNIGRAPHES

| | |
|---|---|
| 1 - | GRANDE-RAVINE |
| 2 - | BOMBO |
| 3 - | GACHET |
| 4 - | DUVAL |
| 5 - | LETAYE-AMONT |
| 6 - | RENEVILLE |

● pluviomètre

★ pluviographe

○ limnigraphe

D'une rivière à l'autre, le débit spécifique d'étiage (débit annuel rapporté à la superficie du bassin-versant) de fréquence annuelle passe d'une trentaine de 1/s/km2 (39 1/s/km2 pour la rivière Lézarde, 36 1/s/km2 pour la Gde Rivière de Capesterre et 32 1/s/km2 pour la rivière de Gd-Carbet) à une dizaine de 1/s/km2 (de 12 1/s/km2 pour la rivière de Petite-Plaine à 10 1/s/km2 pour la rivière Ste-Marie) et à zéro pour tous les cours d'eau de la Grande-Terre.

**Position de l'étiage dans l'année**

L'étiage apparaît dans la plupart des cas de mars à mai, et plus fréquemment en mars, mais il peut aussi se produire d'octobre à février (pour des étiages excédentaires en général) ou de juin à août (pour les étiages déficitaires).

### C. Variations saisonnières de l'écoulement

Sur la Basse-Terre, les variations de l'écoulement suivent assez bien celles de la pluie.

En Grande-Terre, elles sont plus contrastées, dans la mesure où, sur la ravine Gachet par exemple, 90 % des écoulements ont lieu de juillet à décembre, alors que les pluies de ce semestre ne représentent que les deux-tiers du total annuel.

## V. PLUIES ET ÉCOULEMENTS DE 1979 A 1983

Nous avons la possibilité de nous pencher sur une période toute récente, pendant laquelle, en 5 ans, les variations des pluies et des écoulements ont été particulièrement remarquables avec :

- deux années particulièrement pluvieuses (1979 et 1981)
- deux années relativement sèches (1980 et 1983)

Il est intéressant de comparer sur ces 5 ans la variabilité des écoulements par rapport à celle des pluies.

### A. Les pluies

En pluviométrie, les indices annuels des 5 régions définies plus haut sont comparés aux valeurs extrêmes obtenues avant 1979 (tableau 4).

**TABLEAU 4**

Variabilité des indices pluviométriques annuels entre 1979 et 1983

*Annual rainfall index variability from 1979 to 1983*

| | GRANDE-TERRE | | | BASSE-TERRE | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Nord | Sud-Est | Sud-Ouest | Côte au Vent | Côte sous le Vent |
| 1979 | 1,39 | 1,36 | 1,33 | 1,24 | 1,13 |
| 1980 | 0,80 | 0,74 | 0,83 | 0,90 | 0,95 |
| 1981 | 1,12 | 1,41 | 1,39 | 1,31 | 1,21 |
| 1982 | 0,94 | 1,05 | 0,95 | 0,98 | 1,05 |
| 1983 | 0,58 | 0,60 | 0,62 | 0,81 | 0,80 |
| Moyenne | 0,97 | 1,03 | 1,02 | 1,05 | 1,03 |
| Max | 1,60 (1970) | 1,54 (1970) | 1,41 (1970) | 1,38 (1936 et 1941) | 1,29 (1958) |
| Min | 0,68 (1939) | 0,62 (1971) | 0,60 (1973) (sans Boyvinière) | 0,68 (1971) | 0,74 (1973) |

Sur les 5 dernières années, l'année 1983 est la plus sèche ; elle l'est aussi avec l'ensemble du fichier opérationnel, pour le Nord et le Sud-Est de la Grande-Terre. De fait, le caractère exceptionnel de cette année 1983 est variable suivant les régions, puisqu'un ajustement statistique des indices annuels pour chacune d'entre elles donne pour celui de 1983 des périodes de retour qui vont de près de 100 ans, probablement, pour le Nord de la Grande-Terre à moins de 10 ans pour la Côte au Vent de la Basse-Terre.

Par contre, aucune des valeurs de ces 5 années ne dépasse les maximaux précédents ; mais celle de 1981 en est bien proche pour 4 de ces régions.

**B. Les écoulements**

Nous allons prendre en compte les écoulements annuels L obtenus de 1979 à 1983 sur quatre stations hydrométriques de la Guadeloupe :

- le Grand-Carbet à la côte 410 m, située à l'exutoire d'un bassin-versant très pentu du Sud de la Côte au Vent (S = 7,3 km 2)

- le Bras-David à la côte 110 m (DUCLOS), avec un bassin-versant de 37,5 km2 développé au Nord de la Côte au Vent

- la ravine Gachet à Gachet (superficie de 63,3 km2 au Nord de la Grande-Terre)

- la ravine Réneville au barrage de Letaye-amont, avec une superficie de 6,8 km2,

et nous allons les comparer aux écoulements obtenus précédemment, ainsi qu'aux pluies enregistrées sur leurs bassins-versants.

Si les pluies moyennes sur les deux bassins-versants de Grande-Terre retenus sont relativement bien définies grâce à des réseaux consistants et bien répartis, par contre celles de la Basse Terre sont mal connues, à cause des difficultés d'accès aux zones d'altitudes d'où tombent les pluies les plus importantes.

Nous allons donc, dans ce cas, prendre en compte des «indices pluviométriques» Ip qui devraient permettre de suivre les variabilités des pluies tombées sur les bassins-versants retenus, qui sont :

- pour le Grand-Carbet, la pluie recueillie au poste de Grand-Carbet à la côte 625 m,
- pour le Bras David, la moyenne des pluies obtenues aux postes de Piton de Bouillante (1180 m), Morne Léger (625 m), Providence (275 m) et Duclos (110 m), où :

- L est la lame annuelle écoulée,

- M et S sa moyenne et son écart-type sur la période 1979-1983.

On remarque sur le tableau 5 que les variations des écoulements sur les 5 ans sont comparables à celles des pluies pour la Basse-Terre.

Par contre, ce n'est plus du tout le cas pour la Grande-Terre : le coefficient de variation S/M est trois fois plus fort pour les écoulements que pour les pluies.

Nous avons là une période exceptionnelle puisque :

- l'écoulement annuel de la rivière Gd Carbet en 1982 n'aurait pas été aussi élevé depuis 33 ans,

- celui de la ravine Gachet en 1979 est bien plus important que celui des 25 années prises en compte (1958 à 1983). Et celui de 1983 est nul, si l'on ne prend pas en compte les écoulements de début janvier dus aux pluies de fin décembre 1982.

Mais, pourtant, le rapport L/I, malgré cette variabilité interannuelle, est à peu près constant pour les deux bassins-versants de la Basse-Terre (de 86 à 95 %) alors qu'il varie de 0 à 22 % pour ceux de Grande-Terre.

**TABLEAU 5**

Variabilité relative des pluies et des écoulements entre 1979 et 1983

*Comparison betwenn annual rainfall and surface runoff variabilities from 1979 to 1983*

| | BASSIN-VERSANT DU GD-CARBET A LA CÔTE 410 M (S = 7,3 km2) | | | BASSIN-VERSANT DE BRAS-DAVID A LA CÔTE 110 M (S = 37,5 Km2) | | | BASSIN-VERSANT DE GACHET A LA CÔTE 1 M (S = 63,3 km2) | | | BASSIN-VERSANT DE RENEVILLE A LA CÔTE 22 M (S = 6,8 km2) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ip (mm) | L (mm) | L/Ip (%) | Ip (mm) | L (mm) | L/Ip (%) | Ip (mm) | L (mm) | L/Ip (%) | Ip (mm) | L (mm) | L/Ip (%) |
| 1979 | (6370) | 5450 | (86) | 4440 | 4020 | 91 | 2065 | 419 | 20 | 1875 | 411 | 22 |
| 1980 | 5570 | 5080 | 91 | 3430 | 3270 | 95 | 1075 | 25 | 2 | 900 | 3,5 | 0,4 |
| 1981 | 7050 | 6310 | 89 | 4290 | 4000 | 93 | 1525 | 78 | 5 | 1630 | 363 | 22 |
| 1982 | 7100 | 6490 | 91 | 4150 | 3630 | 87 | 1350 | 104 | 8 | 1100 | 135 | 12 |
| 1983 | 5030 | 4415 | 88 | (3200) | 2950 | 92 | 715 | 0 | 0 | 625 | 2,6 | 0,4 |
| M (mm) | 6224 | 5550 | | 3900 | 3575 | | 1350 | 125 | | 1225 | 183 | |
| S (mm) | 492 | 863 | | 552 | 465 | | 505 | 170 | | 517 | 195 | |
| S/M | 0,18 | 0,16 | | 0,14 | 0,13 | | 0,38 | 1,35 | | 0,42 | 1,1 | |

## VI. CONCLUSION

Nous avons cherché à mettre en évidence le caractère éminemment variable des pluies et des écoulements en Guadeloupe, dans le temps comme dans l'espace. Afin d'assurer un approvisionnement continu en matière de ressources en eau, il est nécessaire de les régulariser. Dans ce sens, les efforts à entreprendre encore pour mieux connaître la ressource disponible et mieux comprendre les phénomènes qui interviennent dans son renouvellement doivent être considérés comme essentiels.

---

## RÉFÉRENCES


**Brunet-Moret, 1978.** *Homogénéisation des précipitations.* Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, XV, 3, 147-170.

**Chaperon P., L'Hote Y., et Vuillaume G., 1982.** *Les ressources en eau de surface de la Guadeloupe.* ORSTOM, Conseil Général de la Guadeloupe - DDA, 578 p.

**Hiez G., 1977.** *L'homogénéité des données pluviométriques.* Cahiers ORSTOM. Série Hydrologie, XIV, 2, 129-172.

**Hoepffner M., Morell M. et collaborateurs, 1980 à 1984.** *Rapports annuels de 1979 à 1983 sur les étiages en Basse-Terre et les écoulements des ravines Gachet et Renéville.* ORSTOM, Conseil Général de la Guadeloupe - DDA.

**Hoepffner M., Morell M., et Rossignol D., 1985.** *La sécheresse de 1983 en Guadeloupe.* A paraître dans les Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie.

**Lasserre G., 1961.** *La Guadeloupe. Étude géographique.* Thèse de doctorat, 2 tomes, Bordeaux, 1132 p.

**Thevenèau A., 1962.** *Types de temps aux Antilles Françaises.* Monographies de la Météorologie Nationale, Paris, 6 p.

## RÉSUMÉ

Les données pluviométriques et hydrométriques acquises en Guadeloupe permettent d'obtenir des indications intéressantes sur la variabilité et l'importance des ressources en eau de surface des deux îles principales de l'archipel, liées en grande partie à la diversité du relief et des sols.

En Basse-Terre, les pluviométries élevées (3 500 mm en moyenne) et les résurgences des réserves souterraines permettent d'y obtenir des ressources en eau abondantes et régulières, avec des lames écoulées de plusieurs milliers de millimètres par an, alors qu'en Grande-Terre les pluviométries plus faibles (de l'ordre de 1 500 mm) et les infiltrations profondes ne donnent lieu qu'à des écoulements annuels limités à quelques dizaines de mm, en moyenne, restreintes aux seules périodes de pluviométrie abondante, insuffisantes pour répondre aux besoins en eau de cette île en particulier pour irriguer les cultures lors de déficits pluviométriques.



## *SUMMARY*

## *RAINFALL AND SURFACE WATER RESOURCES VARIABILITY IN GUADELOUPE*

*The rainfall and runoff data recorded in Guadeloupe give interesting indications about variability and importance of surface water resources of the island, created by the diversity of the relief and the soils.*

*In «Basse-Terre», the high rainfall (3500 mm on average) and the spring of the ground water can give abundant and regular water resources, with thousands milimeters of depth of runoff in a year, when, in «Grande-Terre», the lower rainfalls (about 1 500 mm) and the deep infiltrations give only some ten millimeters in a year, restricted to few months alone, insufficient for the water supplies of this island, particularly for agricultural irrigation, at the times of rainfall deficits.*

# Périmètres irrigués en Guadeloupe

## État actuel et perspectives

*Jean-Louis Buhler*

**Service de l'Aménagement Hydraulique et Foncier, Direction Départementale de l'Agriculture de la Guadeloupe, Jardin Botanique, F 97109 Basse-Terre**

L'agriculture en Guadeloupe a toujours connu des crises de production, liées à une forte irrégularité pluviométrique qui affecte principalement les régions de l'Est (le Moule - St-François), du Nord (Petit-Canal, Port-Louis, Anse-Bertrand) et aussi de la Côte-sous-le-Vent. Ces aléas de production sont de moins en moins supportables dans le contexte d'une agriculture moderne, assujettie à des contraintes de marché.

Depuis longtemps, l'irrigation était reconnue comme un remède efficace, et sa réalisation permettra notamment :

- l'atténuation des aléas climatiques, d'où une meilleure maîtrise de la gestion et de la prévision sur l'exploitation,
- une diversification et une intensification des productions agricoles,
- la régularisation du cycle de production de la canne (replantation dès avril-mai sâns attendre les pluies de juin),
- une augmentation importante de rendement de la canne à sucre : on peut espérer atteindre 100 tonnes à l'hectare contre 50 actuellement.

La délimitation des périmètres d'irrigation a été faite à partir des études spéciales «d'aptitude des sols» dirigées par la SCET - INTERNATIONAL pour la Grande-Terre en 1973 et la SOGREAH, pour la Basse-Terre avant 1970 ; ces études préliminaires ont permis de sélectionner les surfaces qui valorisent au mieux une ressource en eau chère et parfois lointaine.

Nous allons présenter l'état actuel des périmètres irrigués ainsi que les projets futurs pour la Basse-Terre et la Grande-Terre.

## I. PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS DE BASSE-TERRE

### A. Réseaux d'irrigation actuels

| LIEU (année mise en service ) | Lieu de prise d'eau (Côte m) | Débit (l/s) | Surface irriguée (ha) | Nombre bornes | Volume (1000 m3/ an) |
|---|---|---|---|---|---|
| St Louis Baillif (1971) | Rivière St-Louis (570) | 400 | 250 | 95 | 636 |
| Vieux-Habitants (1975) | Rivière Vieux-Habitants (247) | 230 | 200 | 95 | 806 |
| Bananier St Sauveur | Rivière Bananier (290) | 75 | 90 | 15 | 250 |

### B. Projets d'irrigation

#### 1. Zone Vieux-Habitants Nord

Une deuxième conduite principale dessert le périmètre de la future zone Nord jusqu'aux limites de Tarare et de Marigot. Cette conduite alimentera pendant la nuit un bassin de stockage de 15.000 m3 à la côte 180. Ce bassin est destiné à restituer pendant la journée l'eau nécessaire à l'irrigation de 230 ha. Une exploitation pilote de 27 ha est également prévue sur ce périmètre. La mise en service sera faite début 1985.

#### 2. Côte au Vent de Capesterre Belle-Eau à Petit-Bourg

Les périmètres à irriguer sont situés sur les communes de Capesterre Belle-Eau, de Goyave, et de Petit-Bourg. On a considéré que la côte 150 était la limite maximale des terres à irriguer, sauf pour Petit-Bourg où cette limite est fixée à 80.

| COMMUNE | Prise d'eau | Côte (m) | Débit (l/s) | Surface (ha) |
|---|---|---|---|---|
| Capesterre B.E. | Grand Carbet | 210 | 265 ) | 750 |
| Capesterre B.E. | Pérou | 200 | 280 ) | |
| Goyave | Moreau | 180 | 220 | 480 |
| Petit-Bourg | Moustique | 110 | 100 | 250 |
| | | | | 1 480 |

Les besoins annuels prévisibles sont de 10,7 millions de $m^3$/an (M. $m^3$/an), et la surface irrigable pourra être portée à 1800 ha ultérieurement. Les travaux pourront se dérouler dès 1986.

## II. PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS DE GRANDE-TERRE

L'ensemble des projets prévoit, à terme, la desserte de 6 000 ha de terres agricoles par transfert des ressources prélevées en Basse-Terre (conformément à la figure 1). La réalisation de ce projet se développe sur deux volets :

- dans le périmètre Est du secteur «Le Moule - St-François» qui couvrira 2 000 ha avec une réserve de régularisation des débits de pointe, de 0,7 M.$m^3$ à Letaye,

- dans le périmètre Nord, s'étendant sur 4 000 ha sur les territoires de Petit-Canal, Port-Louis, et Anse-Bertrand, avec une capacité de stockage de 2,5 M.$m^3$ à Gachet.

Ultérieurement, des réserves de soutien d'étiage seront aménagées sur le Bras David et la Grande Goyave pour une capacité totale de 4,2 M.$m^3$ (1,8 + 2,4).

Le captage du Bras David, la conduite de transfert (de diamètre 800 mm) jusqu'à Létaye, et la retenue de Létaye sont en service depuis 1982. La mise en service gravitaire des premiers tronçons primaires et secondaires du réseau de distribution a commencé en février 1983, et la Station de pompage à Létaye (puissance 300 W) fonctionne depuis décembre 1984, la surface irriguée est de 700 ha.

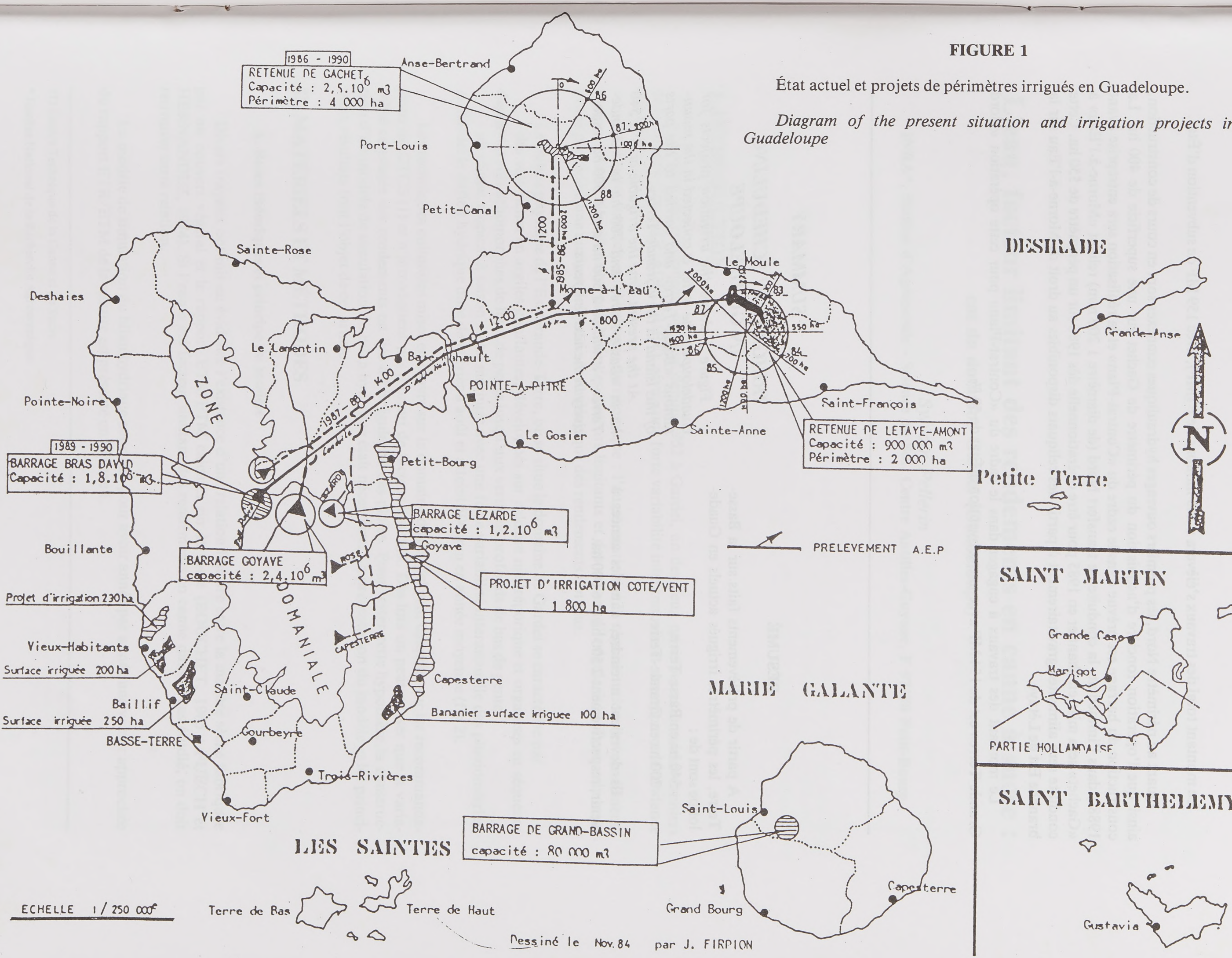
Sur ce périmètre Est, les programmes d'investissement prévus dans le Budget 1985 permettront d'observer le rythme d'équipement suivant :

- 31.12.85 : 1 200 ha,
- 31.12.86 : 1 600 ha,
- 31.12.87 : 2 000 ha desservis.

**FIGURE 1**

État actuel et projets de périmètres irrigués en Guadeloupe.

*Diagram of the present situation and irrigation projects in Guadeloupe*



Le montant total des travaux s'élèvera à 245 millions de F (MF), avec 159 MF de subvention d'État.

Quant au périmètre Nord, les premiers ouvrages hydrauliques connexes sont en cours de construction, ainsi que l'opération foncière d'acquisition du périmètre de Gachet sur une superficie de 400 ha. La construction du barrage est prévue dans le cadre du «Contrat-Plan» et la réalisation sera entreprise avant 1988 ; dans l'immédiat, la conduite de transfert Nord (de diamètre 1 200 mm) reliant «Morne-à-l'Eau» à «Gachet» sera mise en chantier en 1985 pour être opérationnelle dès 1986 sur un périmètre de 550 ha. Cette conduite sera alimentée gravitairement à partir des reliquats disponibles au droit de Morne-à-l'Eau sur la branche Est de Létaye.

Le montant des travaux à engager dans le cadre du «Contrat-Plan» pour cette opération «Nord Grande-Terre» est de 154 MF avec une subvention d'État de 50 %.

---


**RÉSUMÉ**

A partir de prélèvements faits sur la Basse-Terre, les périmètres irrigués actuels en Guadeloupe sont de :

- 540 ha en Basse-Terre,
- 700 ha en Grande-Terre.

Ils devraient atteindre, dans les années à venir, respectivement 2 500 ha et 6 000 ha.



## *SUMMARY*

## *IRRIGATION SCHEDULING IN GUADELOUPE*

*Figure 1 shows the irrigation projects for Guadeloupe : the water is collected in the mountainous «Basse-Terre» and carried to the parts of this island in the «Grande-Terre».*

*At the present time the irrigable area is 540 ha in «Basse-Terre» and 700 ha in «Grande-Terre» ; it will be 2 500 ha and 6 000 ha respectively in the next few years.*

# L'eau, facteur limitant des rendements en canne à sucre :

## cas du domaine Gardel (Guadeloupe)

*Sylvain Pellerin*
**INRA*, Station d'Agronomie - Science du Sol, Centre Antilles-Guyane, F 97170 Petit-Bourg**

## I. INTRODUCTION

L'examen des rendements obtenus depuis 1952 à Gardel, un des deux principaux domaines canniers de la Grande-Terre (GUADELOUPE), révèle une forte variabilité interannuelle et une apparente tendance à la baisse (fig. 1).

Ce constat appelait un diagnostic agronomique : l'augmentation et la régularisation des rendements supposent une identification préalable des facteurs limitants et des causes d'irrégularités. Pour cela nous avons procédé à une analyse de la série chronologique des rendements obtenus.

Le milieu physique de l'Est Grande-Terre, où se situe le domaine de Gardel se caractérise par
- des sols riches en argiles gonflantes, développés sur calcaire madréporique et organisés en séquence depuis les sols lithomorphes de haut de pente jusqu'aux vertisols profonds de bas de pente.
- un climat tropical à saison sèche marquée avec une forte variabilité interannuelle des pluviométries. A Gardel le déficit hydrique dure de janvier à août et atteint 500 mm en année moyenne (fig 2).

Les techniques culturales mises en œuvre sur le domaine de Gardel sont calquées sur les recommandations du CTCS (1) et n'introduisent pas à priori de facteur limitant. Dès lors on peut penser que la variabilité constatée des rendements est liée à l'irrégularité des pluies. Pour tester cette hypothèse, la construction d'un modèle de simulation du bilan hydrique était nécessaire. La présentation du modèle et les principaux résultats font l'objet de cet article.

## II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### A. Bases théoriques et principe du modèle

Divers travaux ont mis en évidence l'existence d'une relation linéaire entre la matière sèche fabriquée par un couvert végétal et le rapport ETR/ETM calculés sur le cycle (BOUCHET, 1965 ; PUECH et HERNANDEZ, 1974). Si l'eau a été facteur limitant des rendements en canne dans le cas étudié, on doit retrouver cette relation.

Le modèle de simulation du bilan hydrique construit pour avoir année par année une valeur approchée du rapport ETR/ETM de la culture est présenté en annexe I.

---

(1) Centre Technique de la Canne et du Sucre

* Institut National de la Recherche Agronomique

**FIGURE 1**

Évolution des rendements en canne à sucre obtenus au domaine Gardel depuis 1952.
*Evolution of sugar cane yields obtained on Gardel area since 1952.*

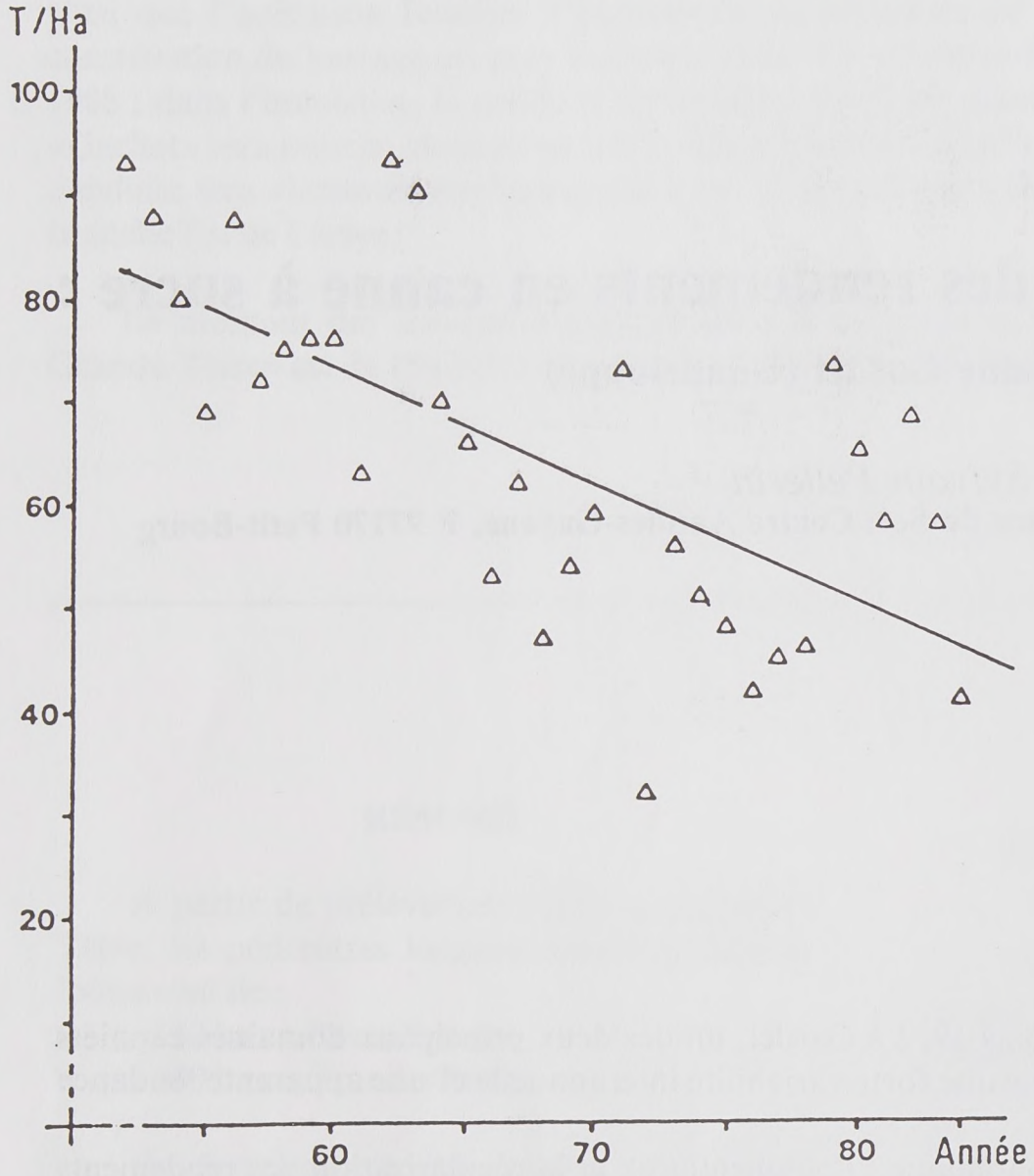
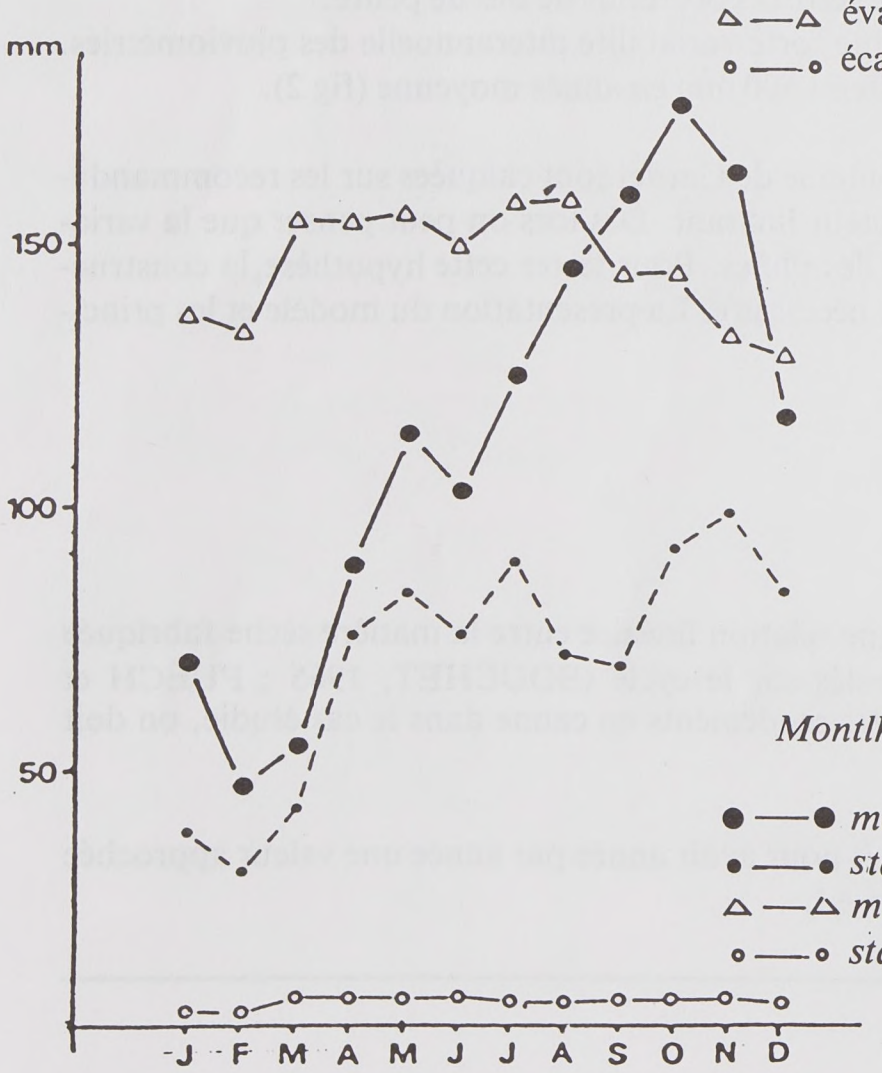



**FIGURE 2**

Pluviométrie et évapotranspirations moyennes mensuelles.




● — ● pluviométries moyennes mensuelles
— • écarts-types (Gardel, 1967-1983)
△ — △ évapotranspirations moyennes mensuelles
○ — ○ écarts-types (INRA Ferme de May, 1967-1983)

*Montlhy rainfall and potential evapotranspiration.*

● — ● *monthly rainfall*
• — • *standard deviation (Gardel, 1967-1983)*
△ — △ *monthly potential evapotranspiration*
○ — ○ *standard deviation («INRA Ferme de May», 1967-1983)*

Jour par jour sont entrées les données suivantes : pluviométrie (Pj), mesurée à Gardel, rayonnement global (RGj), mesuré à l'INRA (Ferme de May) et niveau de remplissage de la réserve utile du sol (Rj). Le modèle permet d'en déduire les valeurs

- de l'ETP, calculée à partir du rayonnement global d'après un ajustement statistique établi localement (SCHOCH et al, 1975),
- de l'ETM, fonction de l'importance des surfaces évaporantes. Les coefficients ETM/ETP utilisés sont fonction de l'âge de la canne (Annexe 2),
- de l'ETR, fonction de l'ETM et de l'état hydrique du sol (Annexe 3).

On en déduit le niveau de remplissage de la réserve utile le jour suivant : $Rj + 1 = Rj + Pj - ETRj$. Si par ce calcul $Rj + 1$ est supérieur à la capacité de la réserve utile, soit RU, on pose $Rj + 1 = RU$. L'excédent est comptabilisé comme excès d'eau et est supposé évacué, par drainage ou ruissellement.

Sur le cycle de la canne on en déduit le rapport ETR/ETM cumulé ainsi que l'importance et la date des déficits hydriques (ETM-ETR) et des excès d'eau (EE).

### B. Estimation des valeurs de RU et de RFU

D'après des travaux récents (KOKASON, 1982 ; VALANCOGNE *et al,* 1984) la RFU sous culture de canne à sucre serait de l'ordre de 85 mm dans les vertisols profonds comme dans les sols peu profonds sur calcaire poreux pouvant être colonisé par les racines. Ces deux types de sol sont de loin les plus représentés sur le domaine de Gardel et cette valeur a donc été retenue.

Par un calcul approximatif la RU a été estimée à 150 mm en moyenne pour les sols du domaine.

### C. Utilisation du modèle

La récolte s'étalant de février à juin le rapport ETR/ETM a été calculé sur un cycle moyen allant du 1er avril au 31 mars.

Faute d'indications sur les teneurs en matière sèche, les valeurs ont été confrontées aux rendements en matière verte.

## III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### A. Résultats (fig 3)

De 1952 à 1962 les points sont approximativement alignés. Ce constat est cohérent avec l'hypothèse que l'eau a été facteur limitant. L'écart de l'année 1963 est dû à des reports sur pied effectués à la suite de la campagne 1962 pour laquelle il y a eu surproduction (2).

De 1964 à 1984 les points sont également à peu près alignés, mais sur une droite en dessous de la précédente.

Les points qui s'écartent le plus correspondent à des événements climatiques particuliers :

- L'année 1973 fait suite à une sécheresse exceptionnelle (1972) ayant entraîné la mort de certaines souches, d'où un handicap pour le rendement 1973 (NOIRTIN, comm. pers., 1984).

- Les années 1967-71-80 et 82, légèrement en dessous de la droite moyenne ont été marquées par un fort excès d'eau (fig. 4). Dans ce type de sol il a pu en résulter une moindre croissance de la canne, sensible à l'anoxie (GUMBS et SIMPSON, 1981). En 1964 et 1979, années caractérisées par un rapport ETR/ETM équivalent mais sans excès d'eau on observe de fait un rendement supérieur.
- L'année 1981 s'écarte également ; les raisons probables de cet écart seront discutées ci-après.

(2) En 1962 le quota de production de sucre autorisé pour la Guadeloupe a été atteint. Certaines parcelles d'usine non récoltées ont été gardées sur pied pour l'année suivante et ont poursuivi leur croissance, d'où les forts rendements de 1963.

**FIGURE 3**

Rendements moyens en canne obtenus sur le domaine de Gardel en fonction du rapport ETR/ETM calculé sur la période du 1er Avril au 31 Mars.

Δ Années pour lesquelles l'excès d'eau calculé sur le cycle dépasse 500 mm

De 1952 à 1962 $Y = 102.09\ X + 5.62 \quad r^2 = 0.85$

De 1964 à 1984 (sauf 1967 - 71 - 73 - 80 - 81 et 82)

$Y = 143.62\ X - 38.47 \quad r^2 = 0.83$

*Yields of sugar cane obtained on Gardel area and ETR/ETM ratio calculated on the 1st April - 31 March period.*

*Δ Years for which calculated water excess exceeds 500 mm.*

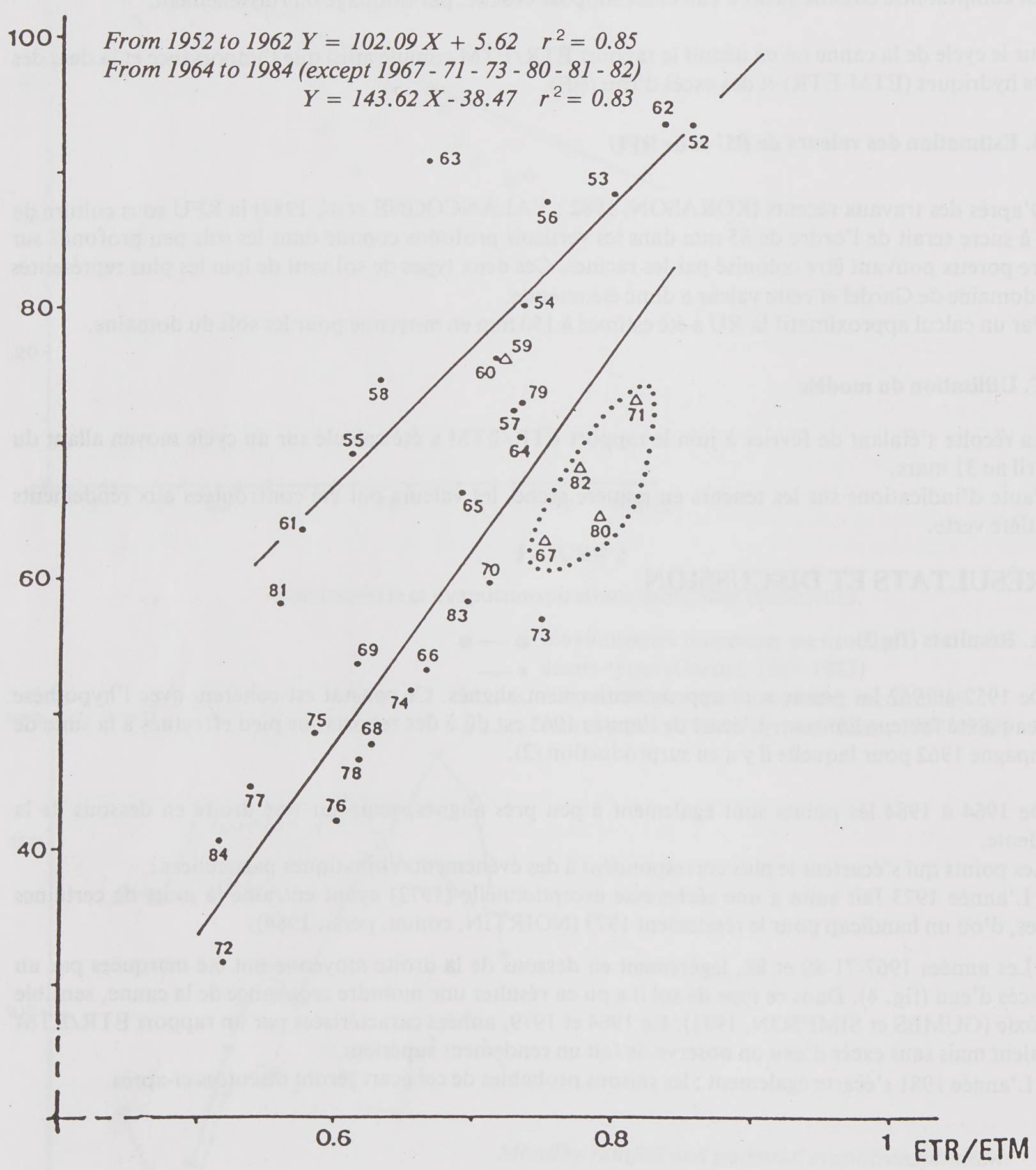
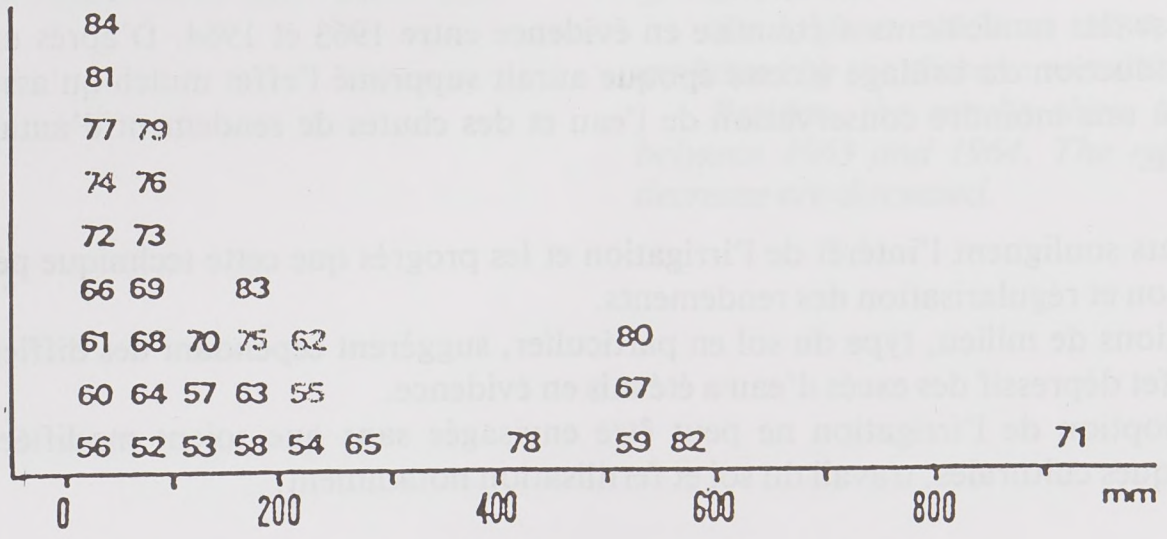


**FIGURE 4**

Distribution des années en fonction des excès d'eau cumulés sur le cycle de la canne.

*Years distribution related to cumulative water excess on the sugar cane growth period.*




**B. Discussion**

Les résultats obtenus confirment l'importance de l'alimentation hydrique comme variable explicative des rendements. Ces vingt dernières années (1964 à 1984) les rendements obtenus dépendent principalement du degré de satisfaction des besoins en eau de la culture.

Les rendements ont chuté entre les années 1963 et 1964. Cette date correspond à des modifications techniques importantes :

- introduction des cane-loaders et adoption du brûlage avant récolte pour faciliter leur utilisation.
- remplacement des cannes plantées dites de grande culture (plantation entre juillet et septembre, récolte 18 mois plus tard) par des cannes plantées récoltées à 12 mois (plantation entre mars et juillet, récolte un an plus tard).

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer la baisse de rendement qui semble en avoir résulté :

- il peut s'agir d'un artefact : augmentation des pertes entre coupe et pesée du fait de l'utilisation des cane-loaders ou encore suppression par le brûlage de résidus (feuilles,...) antérieurement pesés avec la canne.

- La réduction des durées de cycle sur cannes plantées (qui représentent chaque année environ un sixième des surfaces) a forcément entraîné une baisse des rendements. D'après des travaux effectués à la Barbade, sur plusieurs années et dans des conditions de milieu très proches de celles de la Grande-Terre, la différence de rendement (Rdt), en tonnes par hectare, entre des cannes plantées de 12 mois et de 18 mois serait la suivante (ROUSE, 1966) :

Rdt (canne 12 mois) = 0.7 Rdt (canne 18 mois) + 9

La baisse de rendement correspondante, affectant un sixième seulement des surfaces ne suffit pas cependant pour rendre compte de la baisse constatée des rendements moyens.

- Enfin il se peut que le brûlage ait eu un effet dépressif sur la croissance des rejetons. Ceci a été mis en évidence dans d'autres régions à saison sèche marquée (GOSNELL et LONSDALE, 1977). Le brûlage aurait un effet néfaste par suppression de l'effet mulch qu'assurent les résidus de récolte.

Les positions respectives des deux droites, convergentes pour un rapport ETR/ETM tendant vers 1 et s'écartant d'autant plus que l'année est sèche suggèrent de fait un problème de conservation de l'eau.

Le brûlage a été en grande partie abandonné depuis 1981. Ceci expliquerait la position de ce point, très proche de la première droite. En 1982 la croissance a été handicapée par de très forts excès d'eau en début de cycle ayant entraîné des chutes de rendement atteignant 30 tonnes/ha sur vertisols profonds (CABIDOCHE, 1985). Ceci expliquerait la position de ce point très en dessous de la première droite. En 1983 et 1984 enfin, du fait de la sécheresse, tous les résidus de récolte ont été ramassés par les petits éleveurs pour l'alimentation du bétail.

## IV. CONCLUSION

L'analyse de la série chronologique des rendements en canne obtenus au domaine Gardel a mis en évidence le caractère limitant de l'alimentation en eau :

- Depuis 1964 on explique l'irrégularité des rendements par les variations interannuelles du degré de satisfaction des besoins en eau de la culture,
- Une baisse des rendements a été mise en évidence entre 1963 et 1964. D'après une des hypothèses avancées l'introduction du brûlage à cette époque aurait supprimé l'effet mulch qu'assuraient les résidus de récolte, d'où une moindre conservation de l'eau et des chutes de rendement d'autant plus fortes que l'année est sèche.

Ces résultats soulignent l'intérêt de l'irrigation et les progrès que cette technique permet d'escompter par augmentation et régularisation des rendements.

Les conditions de milieu, type du sol en particulier, suggèrent cependant des difficultés pour sa mise en œuvre. L'effet dépressif des excès d'eau a été mis en évidence.

Enfin l'adoption de l'irrigation ne peut être envisagée sans que soient modifiées en conséquence d'autres techniques culturales, travail du sol et fertilisation notamment.

## RÉFÉRENCES


**Bonhomme R., Varlet-Grancher C., 1973.** *Évaluation de l'énergie solaire en Guadeloupe.* In «Le soleil au service de l'homme», congrès UNESCO, Paris E 125, 1-8.

**Bouchet R.J., 1965.** *Rendement des cultures et déficit en eau.* B.T.I., 201, 539-551.

**Cabidoche Y.-M., 1985.** *Distribution des sols à argiles gonflantes sur calcaire corallien (zone Caraïbe). Utilisation de mesures de résistivité électrique.* Communication au 1er Séminaire Scientifique de Pédologie pour la région de l'Amérique Centrale et des Caraïbes : sol et eau. La Havane, CUBA, 8-20 Avril 1985. Ed. ORSTOM, Bondy, sous presse.

**Chang J.H., Campbell R.B., Brodie H.W., Baver L.D., 1965.** *Evapotranspiration research at the HSPA experiment station.* Proc. ISSCT., 12, 10-24.

**Gosnell J.M., Lonsdale J.E., 1977.** *Effects of irrigation level and trash management on sugar cane.* Int. Sug. J., 80, 264-269 et 293-303.

**Gumbs F.A., Simpson L.A., 1981.** *Influence of flooding and soil moisture content on elongation of sugar cane in Trinidad.* Exp. Agric., 17, 403-406.

**Kokasòn S., 1982.** *Croissance et état hydrique de la canne à sucre en relation avec les réserves en eau du sol.* Mémoire de fin d'étude, ISTOM, 93 p.

**Puech J., Hernandez M., 1973.** *Évapotranspiration comparée de différentes cultures et étude de quelques facteurs influençant les rythmes de consommation.* Ann. agron., 24, (4), 437-455.

**Rouse W.R., 1966.** *The moisture balance of Barbados and its influence on sugar cane yield.* In «Two studies in Barbadian climatology». Mc Gill University, Montréal.

**Schoch P.G., de Villele O., Granier J., 1975.** *Besoins climatiques en eau des cultures aux Antilles françaises.* Nouv. Agron. Antilles-Guyane, 1-2, 101-108.

**Valancogne C., Cabidoche Y.-M., Archer P., 1984.** *Premières conclusions des travaux de l'INRA sur l'irrigation de la canne à sucre (1980-1984).* Note interne, Stations de Bioclimatologie et d'Agronomie-Science du sol, INRA Antilles-Guyane, 8 p. + Annexes.



## RÉSUMÉ

Pour tester dans quelle mesure l'irrégularité des rendements en canne à sucre obtenus depuis 1952 au domaine Gardel (GUADELOUPE, F.W.I.) est due à la variabilité interannuelle des pluies, un modèle de simulation du bilan hydrique a été construit. Les rendements sont confrontés au rapport ETR/ETM calculé sur le



## *SUMMARY*

### *WATER SUPPLY, AS A LIMITING FACTOR OF SUGAR CANE YIELDS : THE CASE OF GARDEL AREA (GUADELOUPE, F.W.I.)*

*The survey of sugar cane yields obtained since 1952 on Gardel area (GUADELOUPE,*

cycle de la canne.

De 1964 à 1984 c'est effectivement le degré de satisfaction des besoins en eau de la culture qui explique l'irrégularité des rendements.

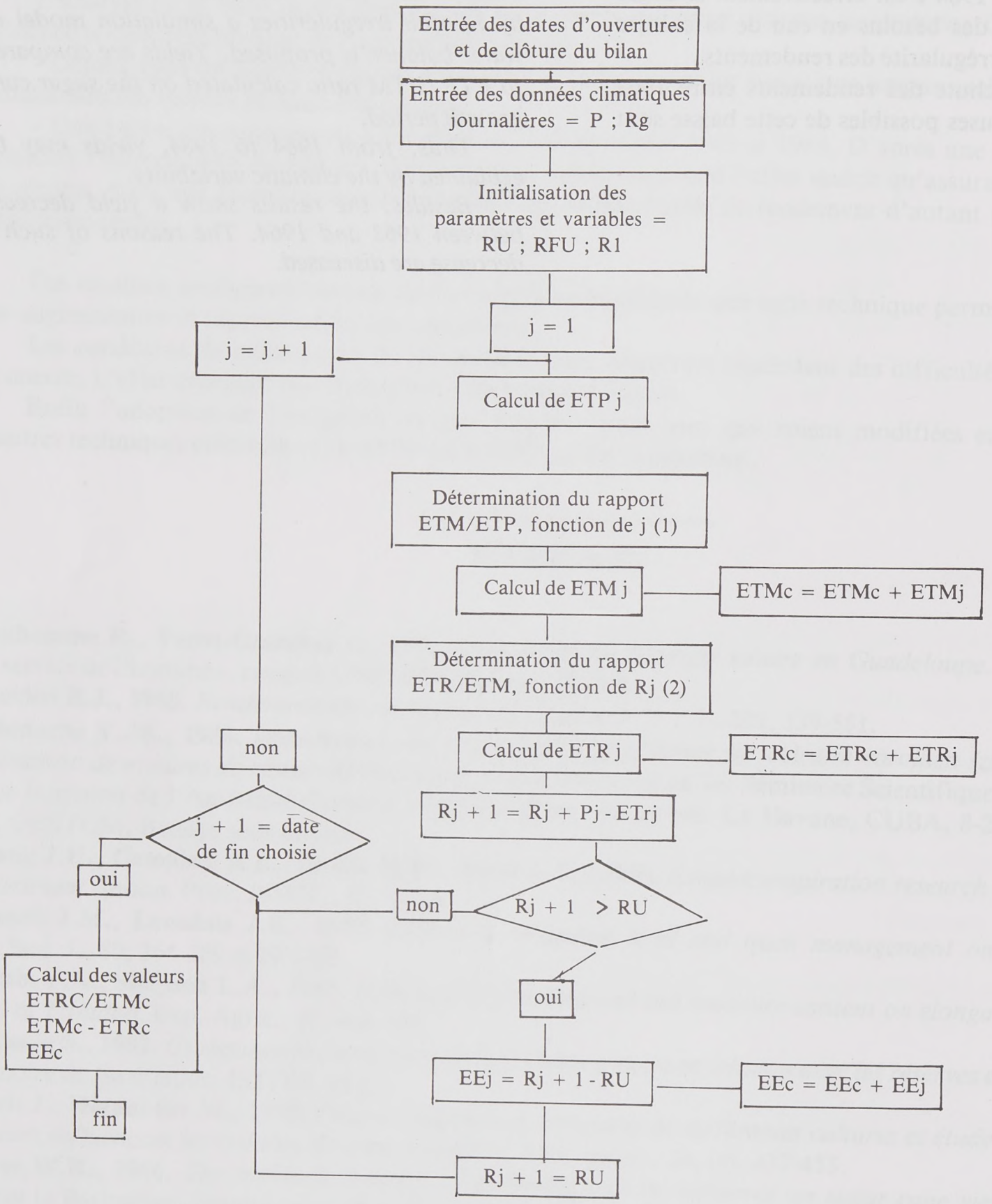
Il y a eu chute des rendements entre 1963 et 1964. Les causes possibles de cette baisse sont discutées.

*F.W.I.) shows great variability. In order to test whether this yield variability can be explained by rainfall irregularities a simulation model of water balance is proposed. Yields are compared to ETR/ETM ratio calculated on the sugar cane growth period.*

*Thus, from 1964 to 1984, yields may be explained by the climatic variability.*

*Besides, the results show a yield decrease between 1963 and 1964. The reasons of such a decrease are discussed.*

## ANNEXE 1 : Organigramme du modèle de bilan hydrique




(1) Voir Annexe 2
(2) Voir Annexe 3

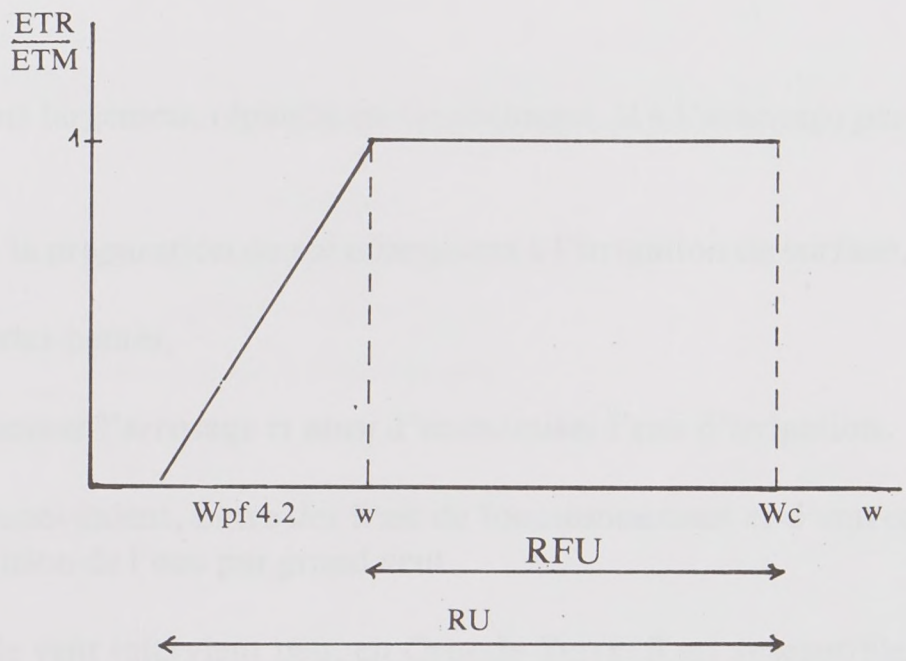
### Légende

| | | | |
|---|---|---|---|
| c | | = | indice des valeurs cumulées |
| ETP | | = | Évapotranspiration potentielle |
| ETM | (mm) | = | Évapotranspiration maximale |
| ETR | (mm) | = | Évapotranspiration réelle |
| EE | (mm) | = | Excès d'eau |
| j | | = | Indice journalier |
| P | (mm) | = | Pluie |
| R | (mm) | = | Niveau de remplissage de la réserve utile |
| Rg | (MégaJoule/m2) | = | Rayonnement global |
| Rgo | (MégaJoule/m2) | = | Rayonnement potentiel |
| RU | (mm) | = | Réserve d'eau utile |
| RFU | (mm) | = | Réserve d'eau facilement utilisable |
| SS | (heures) | = | Durée d'insolation |
| SSo | (heures) | = | Durée astronomique du jour |
| w | (%) | = | Humidité pondérale du sol |
| Wc | (%) | = | Humidité à la capacité au champ |
| WpF4. | 2 (%) | = | Humidité au point de flétrissement permanent. |

**ANNEXE 2 : Coefficients culturaux de la canne à sucre, en fonction de l'âge.**
**(d'après CHANG et al, 1965, modifié d'après SCHOCH et al, 1975, pour se rapporter à l'ETP gazon : ETM/ETP gazon = 1/0.8 (ETM/ETP bac A)**

| Mois | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ETM/ETP gazon | .9 | .55 | .6 | .8 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |

**ANNEXE 3 : Calcul du rapport ETR/ETM en fonction du niveau de remplissage de la réserve du sol en eau du sol (exprimé ici par l'humidité pondérale w en g/g)**




- Pour W < w < Wc (RFU non vide) : ETR/ETM = 1

- Pour W pf4.2 < w < W (RFU vide) : $ETR/ETM = \frac{w - Wpf\ 4.2}{W - Wpf\ 4.2} = \frac{R}{RU - RFU}$

# Hétérogénéité d'arrosage obtenue sous irrigation par aspersion en Grande-Terre de Guadeloupe

*Bertrand Ney*, Philippe Archer** & Sylvain Pellerin**

*** I.N.R.A.***, Station d'Agronomie - Science du Sol, Centre Antilles-Guyane, F 97170 Petit-Bourg**

**** I.N.R.A.***, Station de Bioclimatologie, Centre Antilles-Guyane, F 97170 Petit-Bourg**

L'arrosage par aspersion est largement répandu en Guadeloupe. Il a l'avantage par rapport à d'autres techniques :

- de supprimer le nivellement et la préparation du sol nécessaires à l'irrigation de surface,

- de permettre l'irrigation de fortes pentes,

- de doser de manière plus rigoureuse l'arrosage et ainsi d'économiser l'eau d'irrigation.

Par contre, il présente l'inconvénient, outre des frais de fonctionnement et d'entretien importants, de conduire à une mauvaise répartition de l'eau par grand vent.

Si, en Côte Sous le Vent, le vent intervient peu, en Grande-Terre, il est susceptible d'occasionner des différences nettes dans l'alimentation hydrique des plantes d'une même parcelle. Le périmètre irrigué de la région de St-François est soumis à des vents stables en direction, de secteur Nord Est à Sud Est. Cette stabilité permet, à la condition de mettre en place des contrôles simples, de diminuer l'hétérogénéité due au vent.

Deux techniques d'irrigation par aspersion nous serviront d'exemples pour juger de cette hétérogénéité, la première employant des asperseurs à postes fixes («sprinklers»), l'autre un asperseur mobile («canon à enrouleur»).

## I. COMPARAISON DE L'HÉTÉROGÉNÉITÉ DE L'ARROSAGE DANS LE CAS D'ARROSEURS A POSTES FIXES OU MOBILES

La figure 1 montre la très grande hétérogénéité de l'arrosage dans les deux cas. Les doses varient du simple au double sur la parcelle. Cependant, lorsque les asperseurs sont à postes fixes, l'hétérogénéité s'exprime selon les deux dimensions du plan, alors que dans le cas du canon, seule l'une des dimensions est concernée, perpendiculaire au sens d'avancement.

A cet égard, les contrôles effectués sur l'irrigation de parcelles de tomates dans quelques exploitations maraîchères situées dans le périmètre irrigué de Grande-Terre confirment les difficultés d'homogénéiser les doses au moyen d'asperseurs fixes (Tableau 1). Les différences dans la pluviométrie entraînent une hétérogénéité de développement et des différences de rendement, pouvant varier du simple au triple (NEY B., 1985).

---

*** Institut National de la Recherche Agronomique

**TABLEAU I**

Hétérogénéité d'arrosage dans quelques parcelles de tomates dans les exploitations de Grande-Terre

*Rainfall heterogeneity in some tomato parcels of the «Grande-Terre» Farms*

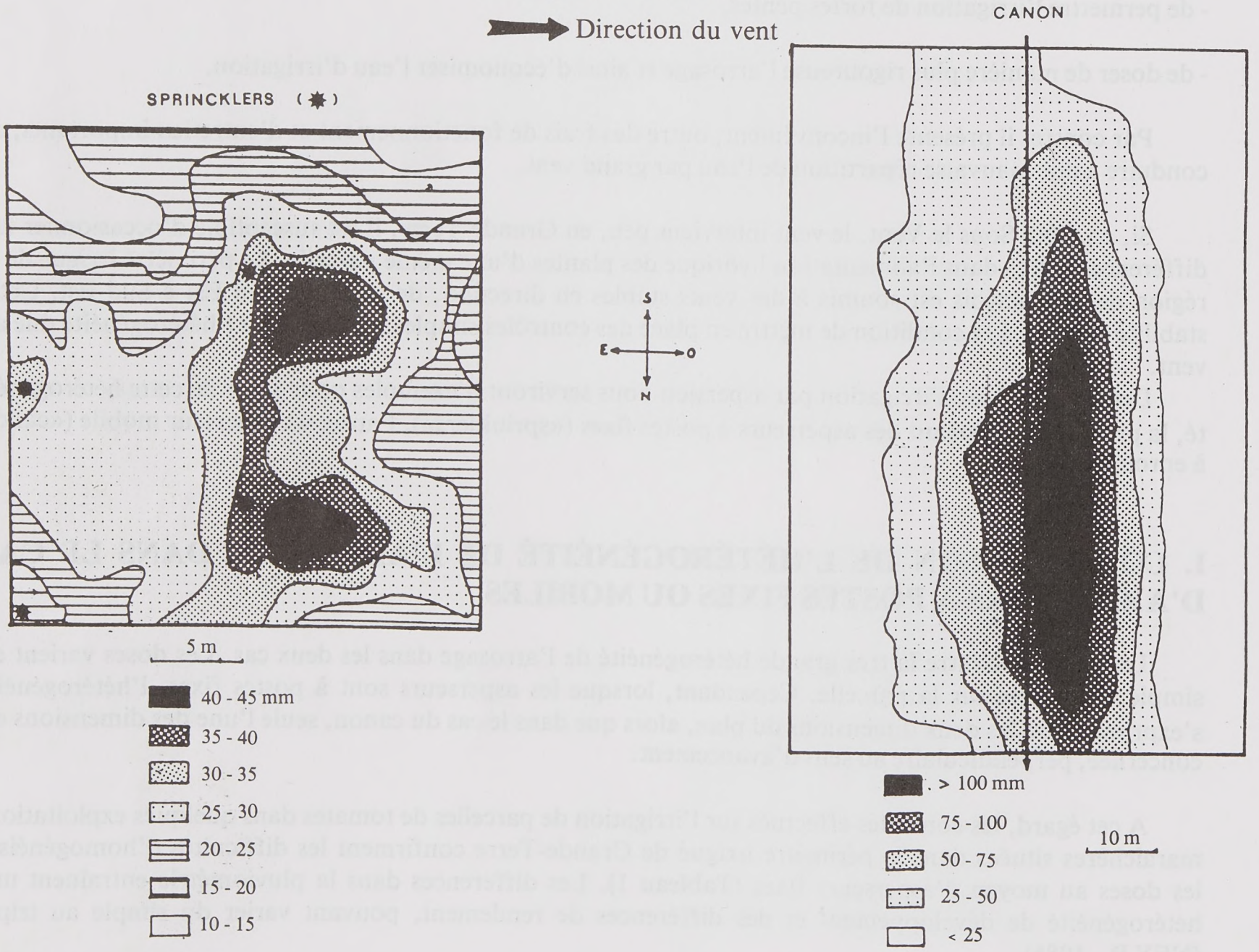
| PARCELLES | PLACETTES | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| A | 1.5 | 2.2 | 1.1 |
| B | 1.2 | 0.9 | 0.9 |
| C | 2.0 | 1.6 | |
| D | 1.4 | 0.7 | 0.7 |
| E | 1.2 | 1.3 | 1.9 |
| F | 1.8 | 1.5 | 1.6 |
| G | 0.8 | 0.7 | 0.8 |

N.B : les doses d'arrosages sont exprimées en multiple d'ETP pendant la période plantation-floraison.
Les parcelles considérées ont une surface de 5 à 20 ares.

**FIGURE 1**

Distribution de la pluviométrie

*Rainfall distribution.*



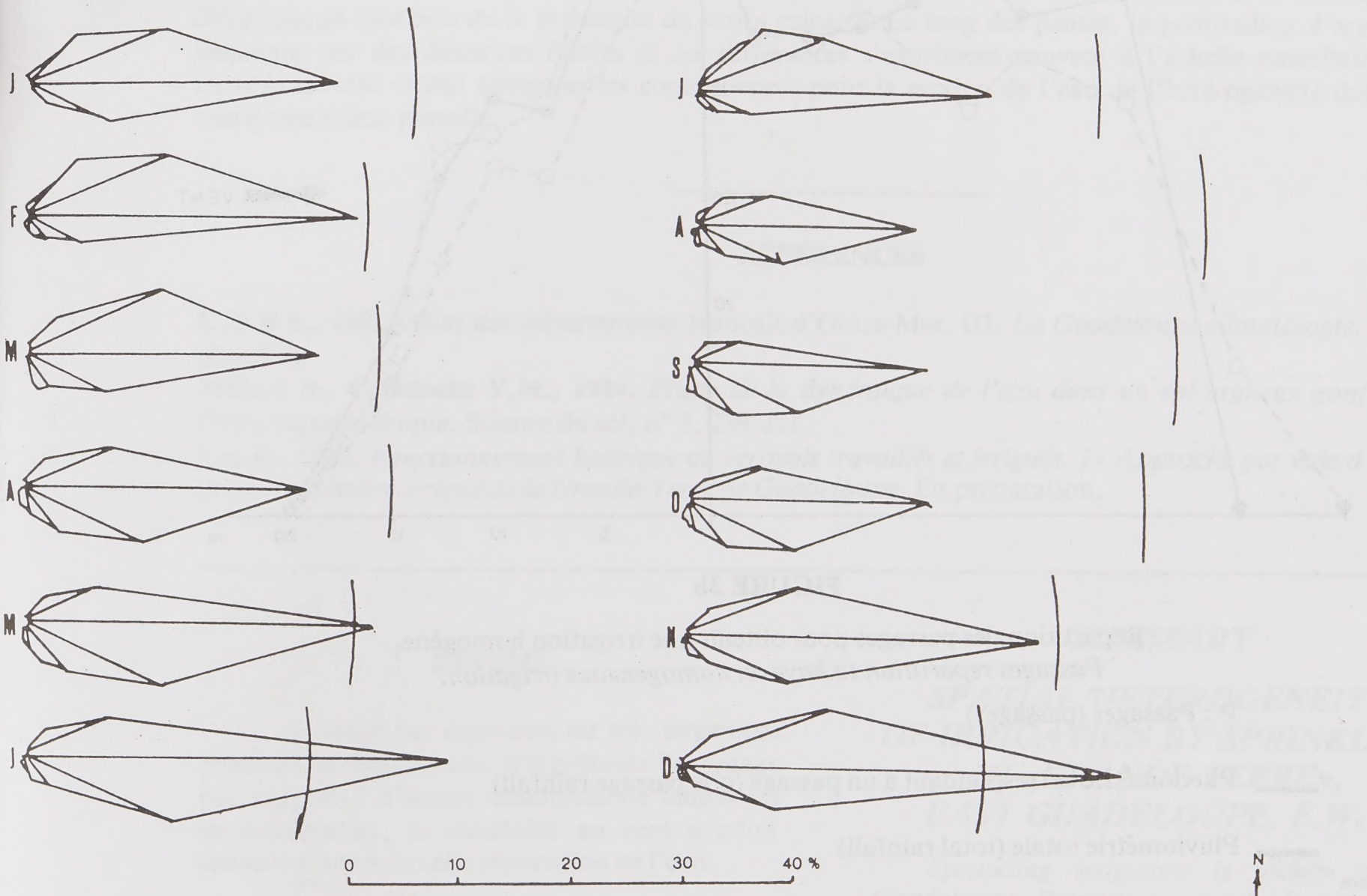
## II. QUELQUES MOYENS SIMPLES POUR LIMITER LES HÉTÉROGÉNÉITÉS D'ARROSAGE, DISPOSITION DES ARROSEURS ET CONTRÔLES

La direction du vent est relativement stable en Guadeloupe et Martinique. Des enregistrements effectués à Pointe-à-Pitre et Fort-de-France montrent qu'elle s'écarte peu de la direction Est-Ouest (Figure 2). Cette stabilité, alliée à des contrôles simples est un atout pour le raisonnement de la disposition des asperseurs.

**FIGURE 2**

Fréquence des directions de vents et des calmes à Pointe-à-Pitre par mois (d'après CNRS, 1982).

*Monthly wind direction and calm frequency at Pointe-à-Pitre.*




**Légende :** Fréquence par rapport au nombre d'observations (en %).
*Frequency in relation to the number of observations (%).*

En ce qui concerne les asperseurs mobiles, la première mesure pour limiter l'hétérogénéité consiste à placer l'axe de passage parallèlement au vent. Par rapport aux résultats de la figure 1, les gradients, qui s'établissent de part et d'autre de l'axe, deviennent identiques.

Pour définir l'hétérogénéité d'arrosage du canon, on enregistre le gradient de pluviométrie de part et d'autre de l'axe au moyen de récipients calibrés (figure 3a). Le plan des passages est ensuite conçu de façon à recouper les pluviométries de deux passages adjacents pour obtenir la pluviométrie cumulée la plus régulière possible (courbe enveloppe de la figure 3b). Il est évident qu'un changement de direction et/ou d'intensité du vent provoquera de légères modifications de la pluviométrie : les risques sont cependant faibles en raison de la stabilité de celui-ci.

**FIGURE 3a**

Répartition de la pluviométrie pour un arroseur type «canon».
*Rainfall repartition for a mobil sprinkler (type «canon»).*

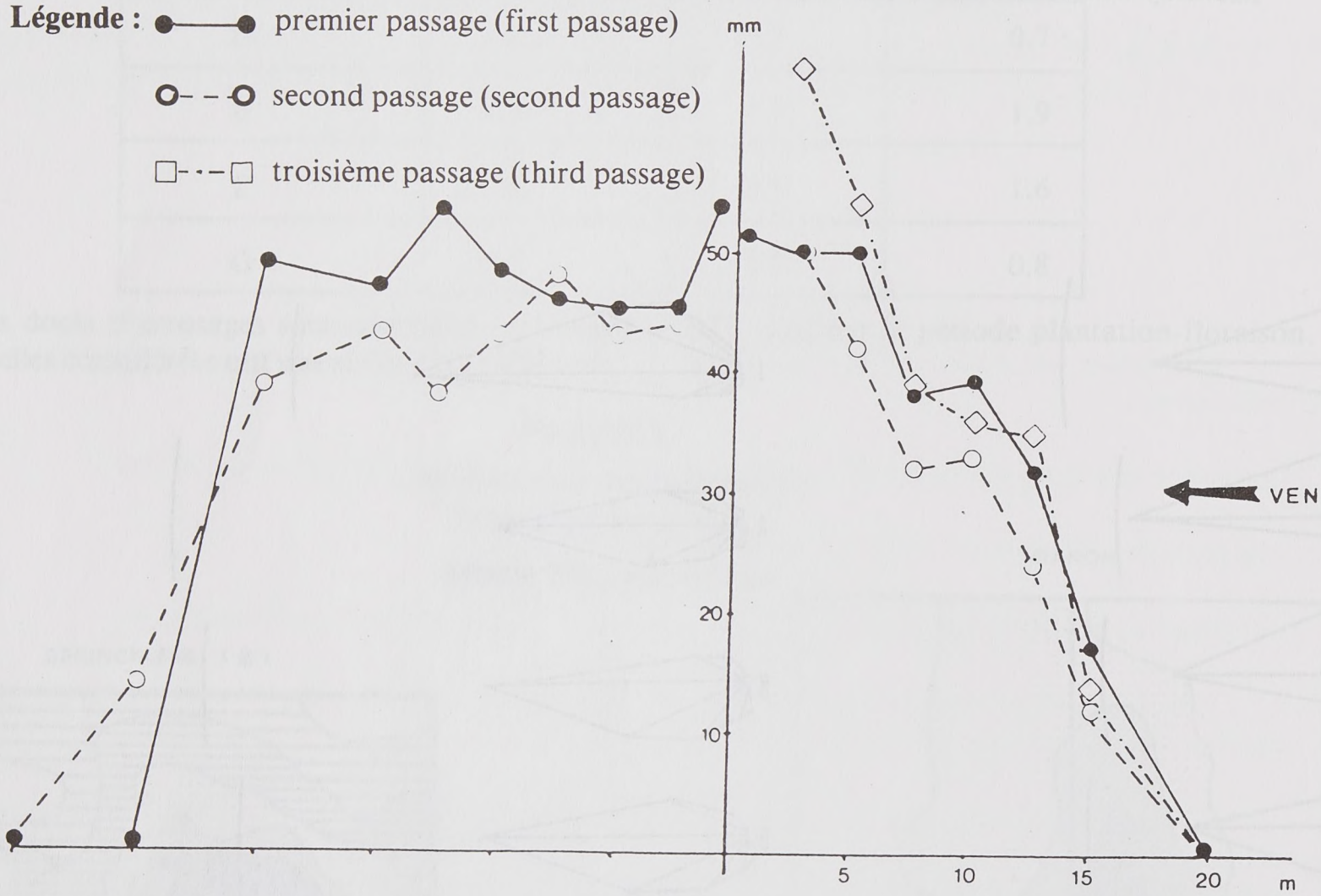


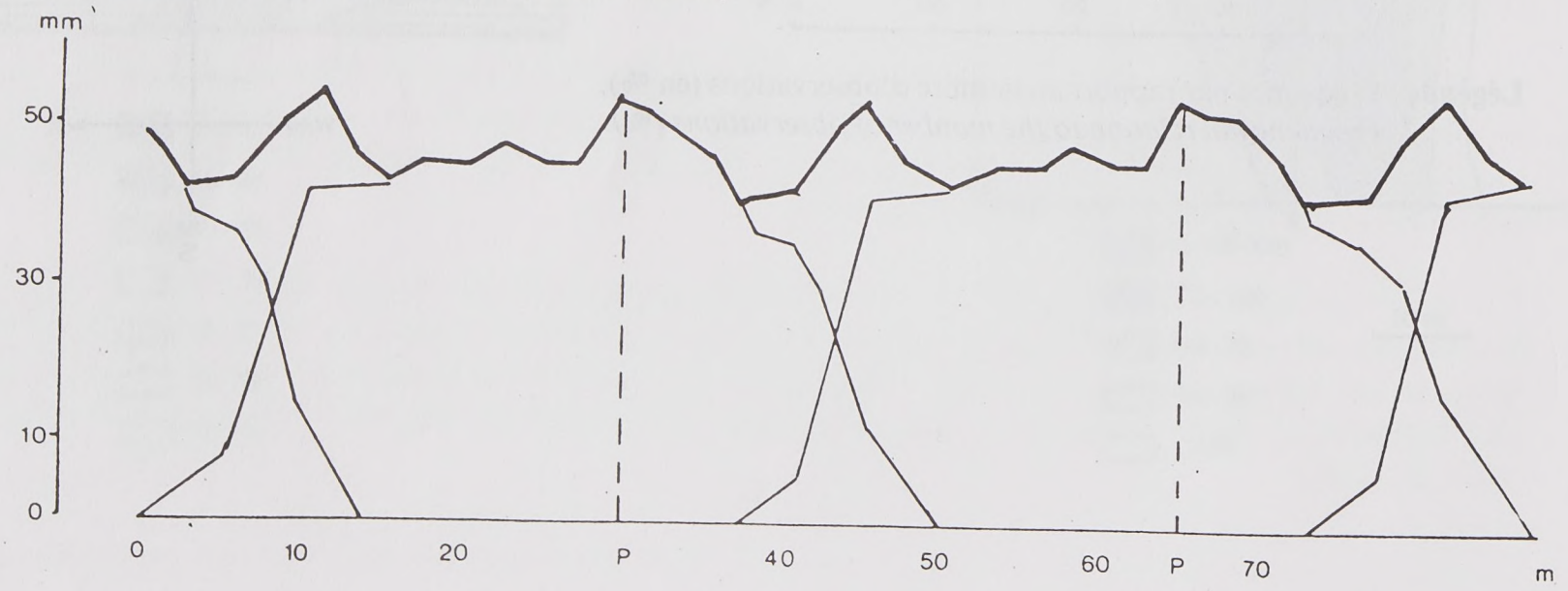

**FIGURE 3b**

Répartition des passages pour obtenir une irrigation homogène.
*Passages repartition to have an homogeneous irrigation.*

P : Passages (passages)

Pluviométrie correspondant à un passage (one passage rainfall)

Pluviométrie totale (total rainfall)



Avec les asperseurs à poste fixe, l'homogénéité de l'arrosage est très difficile à obtenir. Leurs caractéristiques de répartition (gradients concentriques) imposent pratiquement de changer leur position à chaque irrigation ou d'augmenter les doses pour que la périphérie ait une alimentation hydrique satisfaisante. Cette dernière solution a été retenue par les exploitants maraîchers de la région. Cependant, si l'alimentation hydrique est satisfaisante en bordure de parcelle, les doses sont excessives pour les parties situées les plus près de l'arroseur. Les propriétés physiques de ces sols, composés pour une large part d'argiles gonflantes, leur confèrent, dans les dépressions au moins, un drainage très faible. Aussi n'est-il pas rare de constater des chutes de rendements consécutives aux excès d'eau.

## III. CONCLUSION

L'objectif de l'irrigation est d'obtenir une alimentation hydrique satisfaisante et homogène.

L'irrigation par aspersion, très répandue en Grande-Terre, est d'un emploi délicat. Si la connaissance des caractéristiques du matériel employé est impérative, des contrôles sont nécessaires pour mesurer la distribution de la pluviométrie par rapport au vent. Sa régularité en direction permet d'établir des plans d'arrosage, au moins en ce qui concerne les arroseurs mobiles.

Cependant, l'hétérogénéité de l'irrigation n'est pas seule en cause pour expliquer les différences de rendement. Les sols à argiles gonflantes ont la particularité d'avoir des comportements hydriques très différents en fonction de la proximité du «tuf» calcaire. Le long des pentes, la profondeur d'argile varie beaucoup sur des distances faibles et ces différences s'expriment souvent à l'échelle parcellaire. Dans l'article suivant seront analysées les conséquences pour la gestion de l'eau de l'hétérogénéité des sols au sein d'une même parcelle.

### RÉFÉRENCES

**C.N.R.S., 1982.** Atlas des départements français d'Outre-Mer. III. *La Guadeloupe climatologie,* 6 p + 3 planches.

**Jaillard B., Cabidoche Y.M., 1984.** *Étude de la dynamique de l'eau dans un sol argileux gonflant. I - Dynamique hydrique.* Science du sol, n° 3, 239-251.

**Ney B., 1985,** *Fonctionnement hydrique de vertisols travaillés et irrigués. I - Approche par voie d'enquête dans le périmètre irrigué de la Grande-Terre de Guadeloupe.* En préparation.

### RÉSUMÉ

L'arrosage par aspersion est très largement répandu en Guadeloupe. S'il présente l'avantage par rapport à d'autres techniques de limiter les investissements, sa sensibilité au vent conduit souvent à une mauvaise répartition de l'eau.

Deux types d'asperseurs, à poste fixe (type «sprinklers») ou mobile (type «canon à enrouleur») ont été testés en Grande-Terre de Guadeloupe, région soumise à des vents d'intensité variable mais de direction assez stable.

Le contrôle de la distribution moyenne de la pluviométrie pour un type d'arroseur dans une situation donnée est un moyen simple pour établir un plan d'arrosage visant à limiter l'hétérogénéité de sa répartition.

### *SUMMARY*

### *SPATIAL HETEROGENEITY OF IRRIGATION BY SPRINKLERS IN «GRANDE-TERRE», EAST GUADELOUPE, F.W.I.*

*Sprinkling irrigation is widely used in Guadeloupe. Presenting several advantages with regard to other technics (limiting investments...), its sensibility to the wind leads to heterogeneous water repartition.*

*Two types of sprinklers, fixed or mobile, were tested in «Grande-Terre» of Guadeloupe, a region where wind is variable in intensity but stable in direction.*

*Control of rainfall distribution permits to draw up a plan, with the positions of the sprinklers, and to limit the irrigation variability.*

# Quelques problèmes de gestion de l'eau lorsque les sols varient fortement au sein d'une même parcelle

## Le cas des plateaux de l'Est de la Grande-Terre

*Yves-Marie Cabidoche & Bertrand Ney*
**I.N.R.A.*, Station d'Agronomie - Science du Sol, Centre Antilles-Guyane, F 97170 Petit-Bourg**

## I. LA PROFONDEUR ET LA PIERROSITÉ DES SOLS A ARGILES GONFLANTES DE GRANDE-TERRE VARIENT A QUELQUES MÈTRES PRÈS.

Les sols de l'Est de la Grande-Terre se développent sur un calcaire récifal. Ce calcaire, relativement récent, n'a pas été profondément remanié, ni par l'érosion, ni par la dissolution (sauf dans les «Grands-Fonds»).

Ainsi, la morphologie du calcaire corallien demeure proche de ce qu'elle est actuellement dans les lagons (par exemple dans le «Grand Cul-de-Sac Marin») : la surface supérieure du calcaire n'est pas plane, mais au contraire très chaotique (barrière interrompue par des passes, microatolls, ou «secs» construits séparés par des dépressions où s'accumulent vases et débris coralliens).

Ce support calcaire chaotique a ensuite reçu une couverture argileuse, d'argiles gonflantes, qui donne l'impression actuelle d'un relief très doux. En réalité, un examen attentif de la surface montrera des ondulations très légères, qui correspondent à des ondulations bien plus prononcées de la surface du calcaire.

- sous les parties convexes, le calcaire est très proche, et sa désorganisation fournit de nombreux cailloux ;
- sous les parties concaves, le sol est constitué exclusivement d'argiles.

Deux exemples de la forte variabilité des caractères profondeur et pierrosité du sol sont donnés dans la figure 1.

## II. QUELLES EN SONT LES CONSÉQUENCES SUR LES PROPRIÉTÉS DES SOLS QUI RÈGLENT LA GESTION DE L'EAU ?

### * Sur l'aspect réservoir d'eau

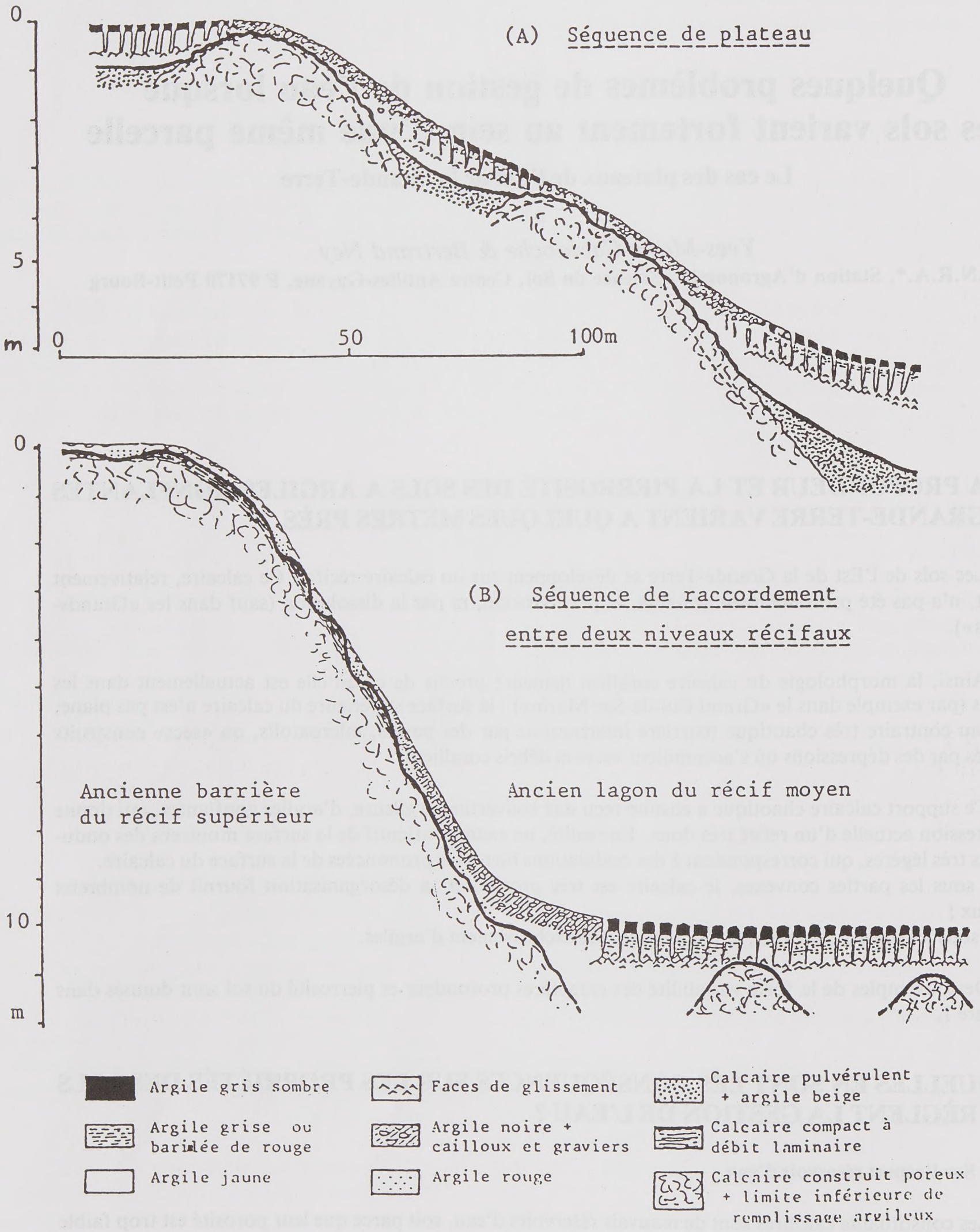
Les constituants calcaires sont de mauvais réservoirs d'eau, soit parce que leur porosité est trop faible (cailloux), soit parce qu'elle est de trop grande dimension pour pouvoir la retenir (calcaire en place). D'autre part, la dureté du calcaire entrave le développement d'un enracinement dense et profond, seul capable de compenser la faible qualité du réservoir d'eau. Les sols courts et caillouteux seront donc des

---

* Institut National de la Recherche Agronomique

**FIGURE 1**

Séquences typiques de sols à argiles gonflantes sur calcaire corallien (Grande-Terre, Guadeloupe).
*Typical sequences of swelling-clay soils developped on coral-reef limestone (Grande-Terre, Guadeloupe).*



sols à faible réserve en eau, ou sols séchants.

A l'inverse, l'argile, dont la porosité fine est très développée, constitue un réservoir d'eau bien plus efficace, à condition que l'enracinement soit dense. Tant que l'argile contient des racines, et un équilibre air/eau convenable, on peut admettre qu'il y a proportionnalité entre la profondeur et l'importance de la réserve en eau. A titre d'exemple, sous canne à sucre, la profondeur maximale de réserve utile des vertisols de Grande-Terre est un peu supérieure à un mètre, profondeur limite à la fois de la présence des racines, et du développement des fentes de retrait qui permettent l'aération périodique du sol.

*** Sur le drainage d'une eau en excès**

**- par drainage interne**

Dans les sols courts, un apport d'eau excédentaire sera rapidement évacué par drainage, car le calcaire comporte une forte macroporosité, ainsi que le sol qui le surmonte, grâce aux cailloux qui diminuent le gonflement et permettent le maintien d'une structure plus stable.

En revanche, dans les sols profonds, le gonflement de l'argile provoque une refermeture quasi totale de la macroporosité, avec deux conséquences essentielles :

+ diminution du drainage interne à cause des très faibles valeurs de perméabilité (1 mm/jour),
+ disparition de l'air, le milieu devenant alors asphyxiant.

**- par drainage externe**

La diminution du drainage interne entraîne l'apparition du ruissellement, que l'on peut considérer comme l'eau en excès ne pouvant pas pénétrer. Sur les sols courts, le ruissellement est plus faible ; de plus, cette eau excédentaire est rapidement évacuée grâce à la topographie convexe (profil d'accélération de la lame d'eau). Sur les sols profonds, le ruissellement est plus important ; ils sont en général suralimentés en eau, étant situés en topographie concave (profil de ralentissement de la lame d'eau). A l'extrême, les sols les plus profonds, en positions dépressionnaires, de pente faible à nulle, peuvent être suralimentés en eau à tel point qu'ils restent submergés plusieurs jours par an.

## III. LES RENDEMENTS EN CANNE A SUCRE SONT TRÈS VARIABLES SUR UNE MÊME PARCELLE, EN RELATION AVEC LES COMPORTEMENTS HYDRIQUES HÉTÉROGÈNES DES DIFFÉRENTS SOLS ET DE LEURS SURFACES TOPOGRAPHIQUES ASSOCIÉES.

Une parcelle de 5 ha, en canne plantée en 1980, a été suivie au lieu-dit Gardel-Desrochers (FVD de la SOSUGAT). La parcelle a été convenablement travaillée, fertilisée et desherbée.

La variabilité de la profondeur et de la pierrosité des sols est exprimée par la figure 2. On remarquera que sur cette parcelle, représentative de l'Est de la Grande-Terre, on passe presque partout en moins de 40 mètres d'un sol court (moins de 50 cm, caillouteux), à un sol profond (plus de 75 cm, non caillouteux, voire plus de 2 m).

Les rendements ont été mesurés en 1981 et 1982, sur des bandes segmentées couvrant toute la gamme des sols. Les résultats sont exposés sur la figure 3.

Le degré de couverture des besoins en eau a été calculé pour les sols de 1 m de profondeur, selon un modèle à pas de temps journalier (cf. article de S. PELLERIN, 1985 dans ce numéro).

Pour ces sols de 1 m, la campagne 1980-81 (figure 3B) montre des besoins en eau satisfaits en début de cycle, le déficit n'apparaissant qu'en carême, pendant la période d'accumulation saccharine. On peut parler d'année «normale», par rapport aux besoins de la plante.

Dans ce cas, pour des sols de plus de 1 m, les rendements sont élevés (100 à 110 t/ha). En revanche, on

observe une chute brutale des rendements dans les sols plus courts (80 t/ha pour 50 cm, moins de 60 t/ha pour moins de 30 cm) ; la pluviométrie, stockée dans les sols profonds, a été insuffisante ou trop espacée pour remplir fréquemment la faible réserve en eau des sols courts, rapidement épuisée.

La campagne 1981-82 (figure 3C) montre au contraire un excès d'eau marqué pendant la période de repousse et de tallage, pour ces mêmes sols de 1 m. Par rapport à l'année précédente, on observe une perte de rendement, en premier rejeton, de 15 t/ha pour 75 cm, et de 20 à 25 t/ha pour les sols de plus de 1 m. Cette perte est encore plus accusée (jusqu'à 30 t/ha), pour les sols profonds situés en position nettement concave ; dans cette dernière situation, on a noté en plus une chute de richesse saccharine (entre 8 et 10 %, alors que sur les sols de moins de 1 m, elle oscillait entre 11 et 12 %). En revanche, sur les sols courts (moins de 30 cm), on observe alors un gain de rendement de 10 à 15 t/ha : l'excès d'eau a permis un remplissage plus fréquent de la réserve, sans qu'apparaisse un effet dépressif, grâce au bon drainage.

D'une campagne à l'autre, le rendement global de la parcelle a peu varié : 85 t/ha en 1981, 80 t/ha en 1982. Ces chiffres soulignent le danger de ne raisonner que sur les rendements globaux des parcelles : bien que les deux années soient climatiquement très différentes, la variété des sols a été ici source d'effets contradictoires qui se sont compensés au niveau de la parcelle. Bien entendu, une parcelle constituée de sols courts aurait vu une augmentation de rendement, une parcelle de sols profonds une forte chute d'une année à l'autre.

## IV. UNE DES DIFFICULTÉS DE L'IRRIGATION DES SOLS A ARGILES GONFLANTES PROVIENT DE LA VARIÉTÉ DES SOLS SUR UNE MÊME PARCELLE : L'EXEMPLE DES CULTURES DE TOMATES, DANS QUELQUES EXPLOITATIONS DE L'EST DE LA GRANDE-TERRE.

Les petites exploitations de l'Est de la Grande-Terre n'échappent pas à ce problème de la variabilité des sols.

Cette variabilité est partiellement utilisée par les exploitants lorsqu'ils le peuvent :

- les parcelles de sols plus profonds, en dépressions, sont utilisées plutôt pendant le Carême, car la réserve en eau y est plus importante ;
- en revanche, ces dernières comportent en hivernage un risque important d'excès d'eau ; les cultures maraîchères occupent alors préférentiellement les parcelles en pente, dont le drainage externe est meilleur, et dont le drainage interne est aussi plus favorable grâce à la fréquence élevée des sols plus courts et caillouteux.

Cependant, une analyse détaillée des parcelles globalement en pente montre en fait une variabilité importante des sols : sols courts et sols profonds en poches dans les parties hautes planes, sols moyennement profonds plus ou moins caillouteux en milieu de pente, et sols profonds en bas ; enfin, par-delà ce schéma général de versant organisé, on retrouve des microvariations de la topographie (concavités-convexités) qui expriment de fortes ondulations du calcaire, parfois sur moins de 10 mètres.

Face à cette variabilité, l'agriculteur irrigue souvent de manière à satisfaire les besoins en eau des sols courts, qui nécessitent un apport fréquent. Ceci conduit à arroser en excès les sols profonds, et d'autant plus que ces derniers, situés le plus souvent en bas de versants, sont suralimentés en eau par ruissellement et écoulements hypodermiques sur le fond de labour (cas des sillons dans le sens de la pente).

La figure 4 montre les variations de rendement à l'intérieur de quelques parcelles de tomates. Sous une irrigation homogène, la parcelle contrastée 2 montre l'effet dépressif obtenu à la fois en sol court par défaut, et en sol profond par excès d'eau (apporté par les écoulements hypodermiques et non par la pluviométrie d'irrigation). La parcelle hétérogène 4 montre un effet dépressif en sol profond, consécutif à un arrosage excédentaire. A l'inverse, les rendements sont beaucoup plus groupés en sols homogènes, intermédiaires sur la parcelle 1, profonds sur la parcelle 5 (avec dans ce dernier cas un effet dépressif pour les irrigations les plus fortes). Enfin, sur la parcelle 3, et malgré une dispersion des doses d'irrigation, les sols courts ne manifestent pas d'effet dépressif.

## FIGURE 2

Carte de sols obtenue par mesures de résistivité électrique.
*Soil map obtained from resistivity-measurements interpolation.*

**Légende**

| TYPE DE SOL | RÉSISTIVITÉ (Ω.m, Wenner 2m) | PROFONDEUR APPARENTE (m) | PIERROSITÉ |
|---|---|---|---|
| Sol lithomorphe, «Rendzine» (argile sableuse calcaire) | >30 | <0,2 | + + + |
| Sol lithomorphe (argile sableuse calcaire) | 15 - 30 | 0,2 - 0,3 | + + + |
| Sol calcique mélanisé (argile caillouteuse sombre) | 10 - 15 | 0,3 - 0,5 | + + |
| Sol calcique mélanisé (argile caillouteuse sombre) ou Sol vertique (argile grise / argile jaune) | 8 - 10 | 0,5 - 0,75 | + + à 0 |
| Vertisol (argile grise / argile jaune) | 6 - 8 | 0,75 - 1,2 | 0 |
| Vertisol à tendance hydromorphe (argile grise/argile gris-clair/argile jaune) | 4 - 6 | 1,2 - 2,0 | |
| Paravertisol hydromorphe (à 20 cm, apparition d'un horizon bariolé rouge et gris, plus sodico-magnésien) | < 4 | >2,0 | 0 |
| Sol perturbé, rendu caillouteux par brassage à l'occasion d'un remodelage. | | | Surcharge |

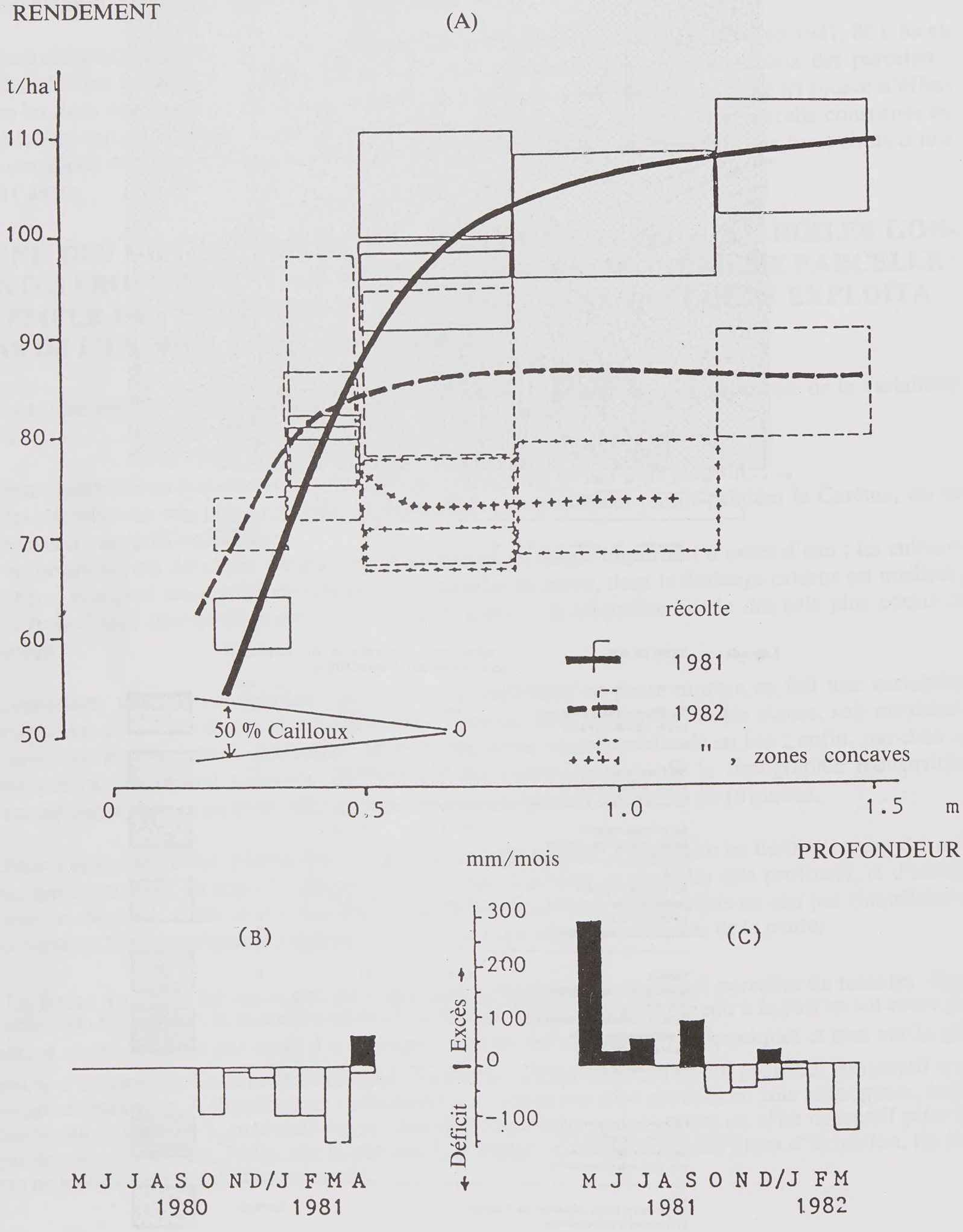
## FIGURE 3

Effet de la profondeur, à travers la variation associée de la gestion de l'eau, sur les rendements bruts en canne à sucre.

*Effect of soil-depth (and the associated water-management), on sugar-cane yields.*

(A) Comparaison des relations rendement-profondeur sur les deux premières récoltes (mesures sur des placettes d'une même parcelle). Y-M. CABIDOCHE et P. ARCHER.

(B) et (C) Distribution de l'excès et du déficit climatiques mensuel en eau, sur chacune des campagnes (Bilan calculé au pas journalier, pour des vertisols de 1m, RU = 150 mm, RFU = 85 mm, S. PELLERIN, 1985).

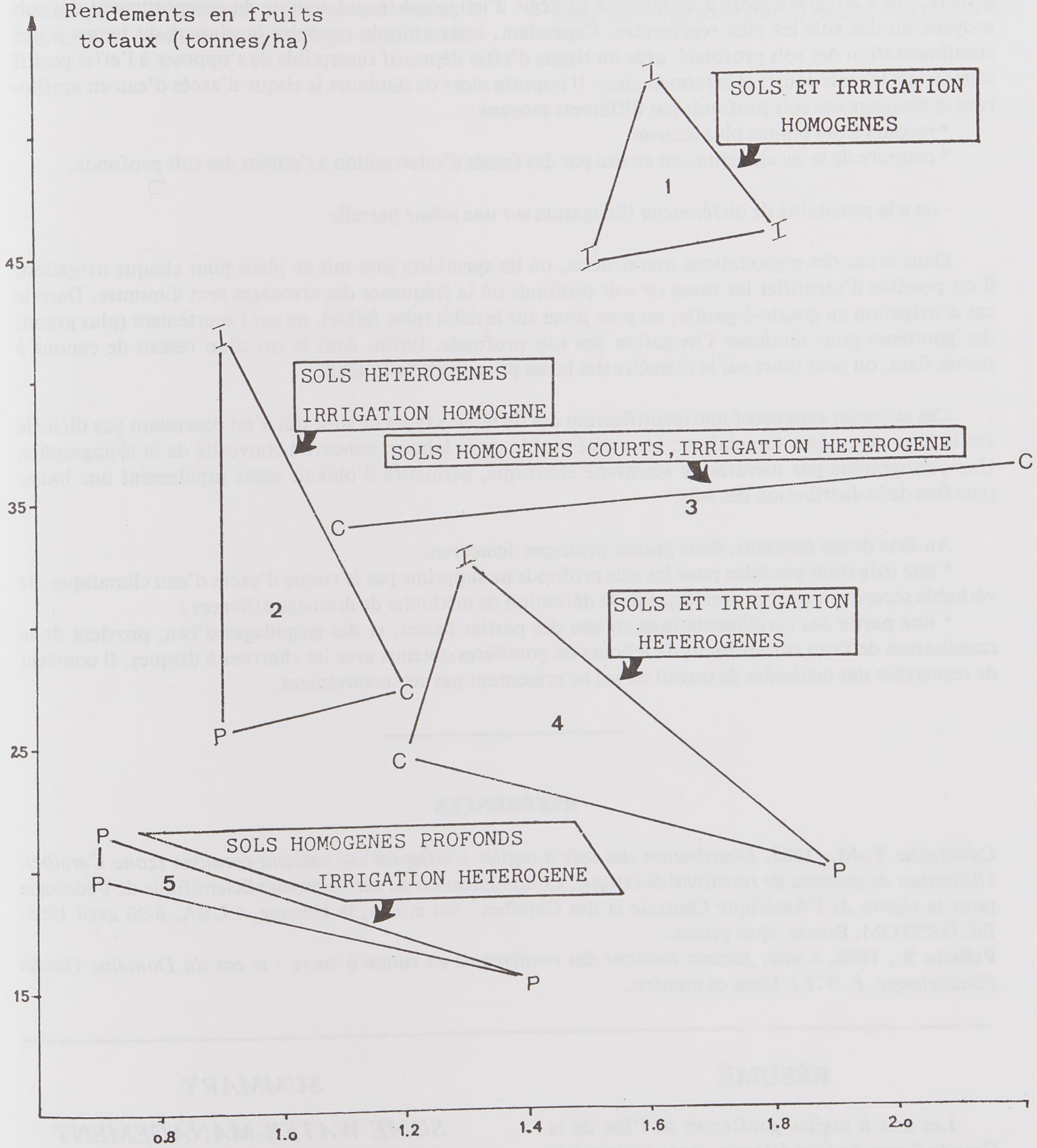


## FIGURE 4

Hétérogénéité des rendements à l'intérieur de quelques parcelles de tomates, en fonction de la profondeur du sol et des doses d'irrigation.

*Yield heterogeneity, within a tomato-growed parcel, related to soil depth and irrigation rates.*

Les triangles figurés correspondent à la même parcelle. Les différences de rendement entre parcelles sont dues à des conduites différentes. Caractéristiques des sols : courts (C), Intermédiaires (I), profonds (P).



## V. COMMENT ENVISAGER UNE GESTION DE L'EAU PLUS RATIONNELLE DANS CES PARCELLES A FORTE VARIABILITÉ DES SOLS ?

Deux hypothèses sont à envisager :

- on n'a pas la possibilité technique de différencier l'irrigation sur une parcelle

L'exemple typique de ce cas est l'arrosage au canon à enrouleur d'une parcelle hétérogène de canne à sucre. On s'efforcera alors d'établir une stratégie d'irrigation tenant compte du comportement des sols moyens ou des sols les plus représentés. Cependant, cette attitude conduira la plupart du temps à une suralimentation des sols profonds, avec un risque d'effet dépressif susceptible de s'opposer à l'effet positif obtenu sur les sols courts et intermédiaires. Il importe alors de diminuer le risque d'excès d'eau en améliorant le drainage des sols profonds par différents moyens :

* recours à des billons plus accusés,
* coupure de la suralimentation en eau par des fossés d'interception à l'amont des sols profonds.

- on a la possibilité de différencier l'irrigation sur une même parcelle

Dans le cas des exploitations maraîchères, où les sprinklers sont mis en place pour chaque irrigation, il est possible d'identifier les zones de sols profonds où la fréquence des arrosages sera diminuée. Dans le cas d'irrigation au goutte-à-goutte, on peut jouer sur le débit (plus faible), ou sur l'écartement (plus grand) des goutteurs pour diminuer l'irrigation des sols profonds. Enfin, dans le cas d'un réseau de canons à postes fixes, on peut jouer sur le diamètre des buses pour moduler le débit.

Ces attitudes supposent une identification des différents types de sols, qui n'est cependant pas difficile sur la base de critères sommaires : pierrosité visible après labour, concavité-convexité de la topographie. Une cartographie par mesures de résistivité électrique, permettra d'obtenir assez rapidement une image plus fine de la distribution des sols.

Au-dela de ces éléments, deux grands principes demeurent :

* une irrigation modulée pour les sols profonds ne supprime pas le risque d'excès d'eau climatique ; la véritable sécurité ne peut provenir que de la définition de méthodes de drainage efficaces ;

* une partie des suralimentations en eau des parties basses, et des gaspillages d'eau, provient de la canalisation de l'eau sur les fonds de labours en gouttières obtenus avec les charrues à disques. Il convient de rechercher des méthodes de travail du sol ne présentant pas cet inconvénient.

---

### RÉFÉRENCES

**Cabidoche Y.-M., 1985.** *Distribution des sols à argiles gonflantes sur calcaire corallien (zone Caraïbe). Utilisation de mesures de résistivité électrique.* Communication au 1er Séminaire Scientifique de Pédologie pour la région de l'Amérique Centrale et des Caraïbes : sol et eau, la Havane, CUBA, 8-20 avril 1985. Ed. ORSTOM, Bondy, sous presse.

**Pellerin S., 1985.** *L'eau, facteur limitant des rendements en canne à sucre : le cas du Domaine Gardel (Guadeloupe, F.W.I.).* Dans ce numéro.

---

### RÉSUMÉ

Les sols à argiles gonflantes de l'Est de la Grande-Terre de Guadeloupe sont souvent très changeants au sein d'une même parcelle, depuis les sols courts très caillouteux jusqu'aux sols profonds très argileux.

Après une année normale ou sèche, les rendements en canne à sucre sont croissants

### *SUMMARY*

### *SOME WATER-MANAGEMENT PROBLEMS WHERE A GREAT SPATIAL VARIABILITY AFFECTS SOILS WITHIN A PARCEL*

*In the east of Guadeloupe Grande-Terre swelling soils show a great spatial variability*

selon la profondeur ; après une année comportant des périodes pluvieuses durables, il apparaît un effet négatif au-delà d'une certaine profondeur : les sols argileux ont été saturés en eau et ont connu des périodes d'asphyxie.

Il est souvent impossible de définir un régime d'irrigation optimal pour tous les sols d'une parcelle. Quelques solutions techniques, à tester, sont évoquées pour diminuer ce problème.

*within a parcel (between shallow-stony soils and deep-clayey soils).*

*After a normal or dry year, sugar-cane yield increases with depth ; after a wet year, deep soils show a negative effect due to water-excess.*

*It is difficult to define an irrigation-rate, adapted for all soils within a parcel. We suggest some technical solutions to reduce this problem.*

# Travail du sol et irrigation en vertisols

*Yves-Marie Cabidoche & Bertrand Ney*

**I.N.R.A.*, Station d'Agronomie - Science du Sol, Centre Antilles-Guyane, F 97170 Petit-Bourg**

Dans la variété des sols de la Grande-Terre, la gestion de l'eau est particulièrement délicate dans le cas des sols profonds constitués essentiellement d'argiles gonflantes (vertisols).

La circulation de l'eau en profondeur, ainsi que la possibilité d'aération sont essentiellement fonction des fissures. Or, en raison du caractère gonflant des argiles, ces dernières se referment lorsque l'humidité augmente. En d'autres termes, plus le sol est humide, moins la circulation de l'eau est assurée.

Dans le présent article, sera évoquée l'interrelation entre l'irrigation (augmentation de la fourniture d'eau) et le travail du sol, modifiant l'organisation porale susceptible de recevoir cette eau.

## I. LA DIFFUSION DE L'EAU EST TRÈS LENTE DANS LES ARGILES GONFLANTES, ET LES FISSURES SONT LES VOIES PRÉFÉRENTIELLES DE PASSAGE DE L'EAU EN PROFONDEUR.

Lorsque la structure est continue, la perméabilité de l'argile est très faible, de l'ordre du mm par jour. La structure des vertisols est faite de prismes ou «massifs» de plusieurs décimètres de large, séparés les uns des autres par des fentes de retrait visibles lorsque le sol est sec.

Lors d'une pluie violente, l'eau remplit très rapidement ces fentes (figures 1 et 2). Peu à peu, elle diffuse latéralement dans les massifs, en humectant lentement leur périphérie. Leur gonflement, associé à leur humectation, referme les fissures. L'infiltration est alors tellement réduite qu'apparaissent des submersions sporadiques. Ce mécanisme permet, du reste, la consitution de mares pérennes dans des dépressions.

La discontinuité des pluies permet cependant la réouverture rapide des fissures par dessication et, donc, le retour de la capacité de drainage et d'aération du sol.

## II. L'EMPLOI DE CERTAINS OUTILS DE PRÉPARATION DU SOL CONDUIT A L'OBLITÉRATION DES FENTES. PAR LE MAINTIEN D'UNE HUMIDITÉ ÉLEVÉE, L'IRRIGATION INTERDIT LEUR RÉOUVERTURE.

Pour préparer le sol, la technique la plus couramment employée consiste en deux passages de charrue

---

* Institut National de la Recherche Agronomique

à disques suivis d'un sillonnage. L'objectif assigné au labour est d'une part de desherber la parcelle, d'autre part d'obtenir une structure très fine dans la couche travaillée.

Ce résultat est obtenu en utilisant le pouvoir gonflant des argiles : les alternances dessication-humectation permettent la fragmentation spontanée des grosses mottes issues des passages successifs de charrue. On obtient ainsi, avant plantation, une couche travaillée formée de petit agrégats centimétriques à très forte porosité interstitielle, mais très desséchés, donc à faible porosité interne et à fort pouvoir de gonflement (figure 3).

En revanche, la plasticité de l'argile, aux humidités compatibles avec le labour, entraîne un lissage dans les gouttières du fond de labour qui obture les fentes de retrait. Sous irrigation, ce fond de labour s'oppose au passage de l'eau en profondeur. Dans le cas où les doses sont supérieures à la consommation par les plantes, il provoque l'existence d'une nappe perchée (ilots dont l'hūmidité est supérieure à 60 % d'humidité de la figure 4).

Cette nappe perchée entraîne le gonflement des agrégats de la base de la couche travaillée et la constitution d'un horizon continu, saturé d'eau, dommageable aux plantes. Cette situation limite le développement du système racinaire. La faible réserve en eau, associée au faible volume de sol exploré, s'épuise rapidement, impliquant des irrigations fréquentes et la pérennisation des excès d'eau.

**FIGURE 1**

Un exemple de très fort contraste d'humidité (w) après une pluie, soulignant l'infiltration par les fentes de retrait dans un Vertisol.

*An exemple of water content (w) contrast after a rain, showing the infiltration through the cracks in a Vertisol.*

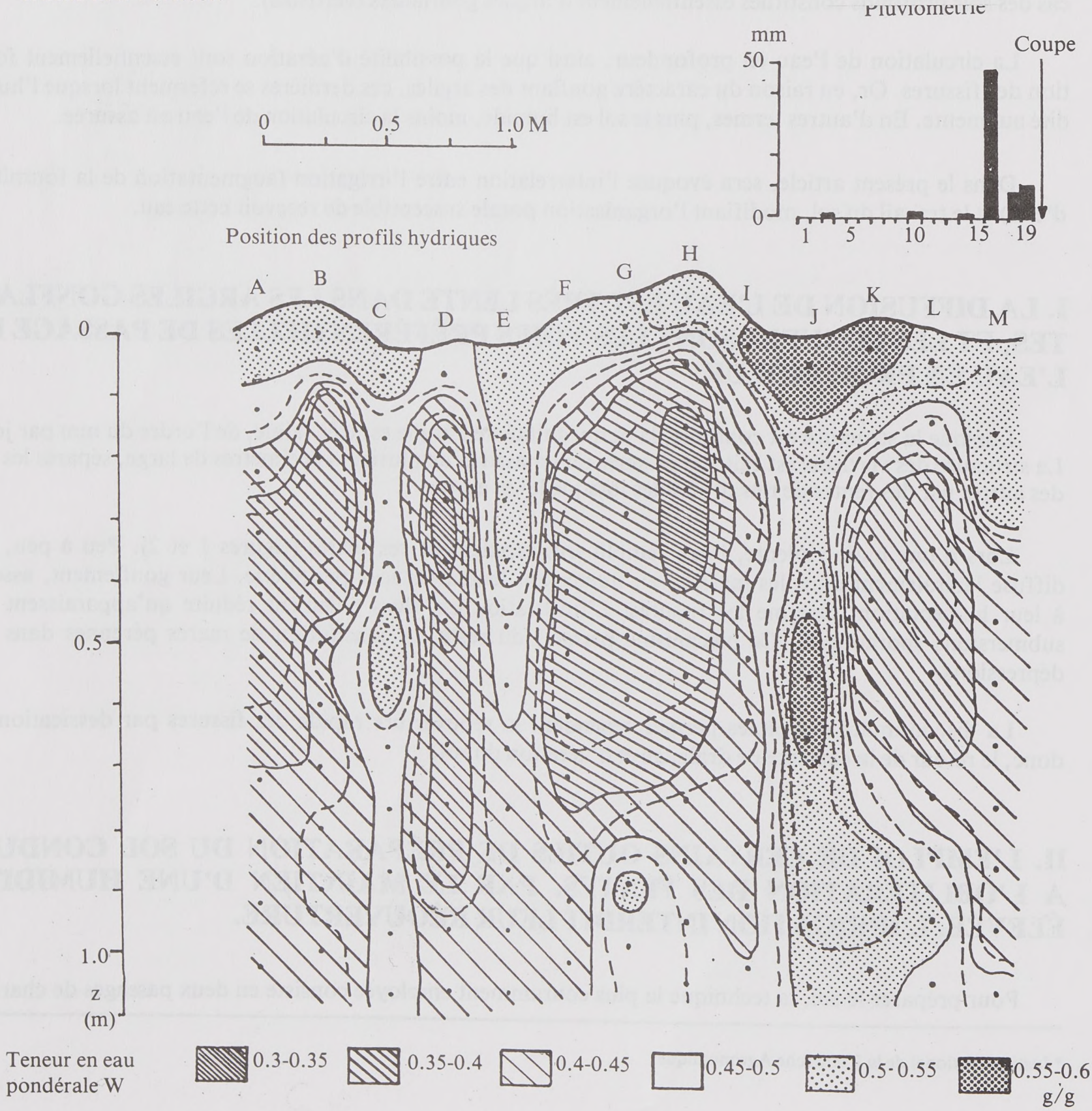


**FIGURE 2**

Évolution comparée de profils hydriques au niveau des monticules et des dépressions en cours de dessèchement et réhumectation (CABIDOCHE, JAILLARD, 1984).

*Compared evolution of water content profiles of mounds and depressions, in drying process and wetting process.*

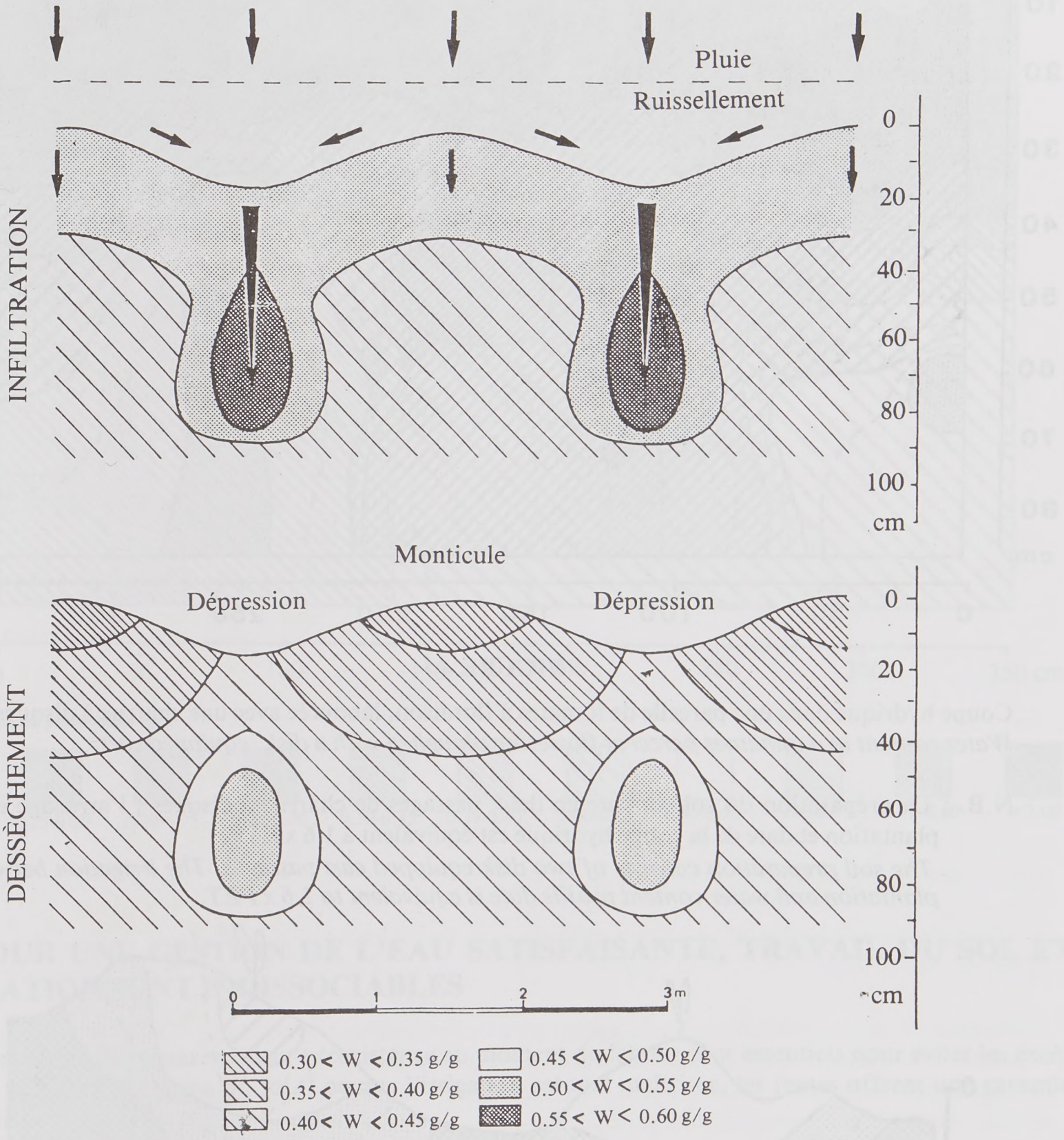


**FIGURE 3**

Coupe hydrique en vertisol travaillé, 7 jours après le passage d'une charrue à disques.
*Water content profile in a ploughed vertisol, 7 days after disks-equipped carts passage.*

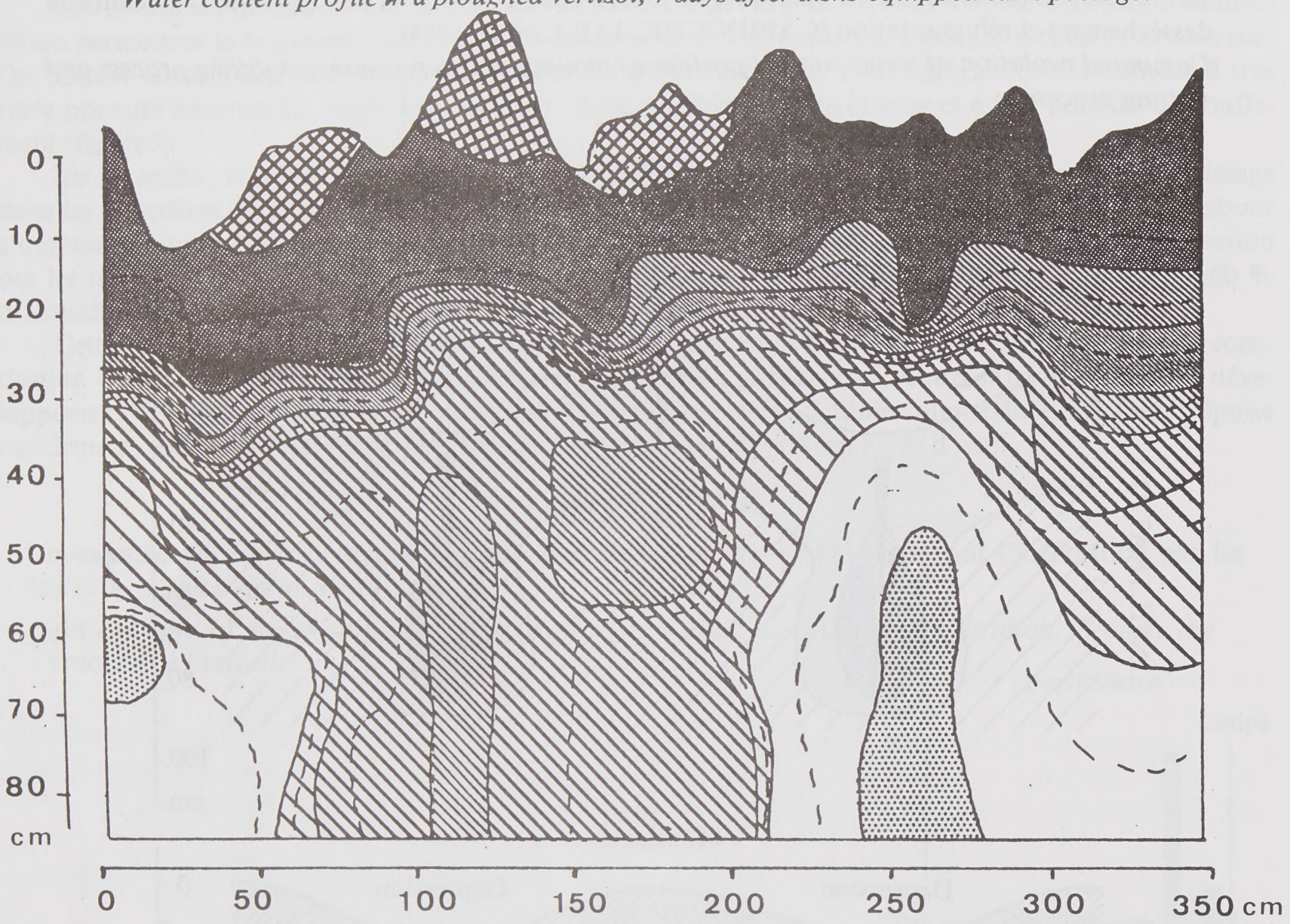



**FIGURE 4**

Coupe hydrique dans une parcelle de tomates à floraison, labourée avec une charrue à disques.
*Water content in a tomatoes parcel at flowering ploughed with a disk equipped cart.*

N.B. : La préparation du sol consiste en deux passages de charrue à disques ; l'arrosage entre plantation et date de la coupe hydrique est équivalent à 1.6 x ETP.
*The soil preparation consists of two disk equipped cart passages. The irrigation betwenn plantation and water content profile date is equivalent to 1.6 x PET.*

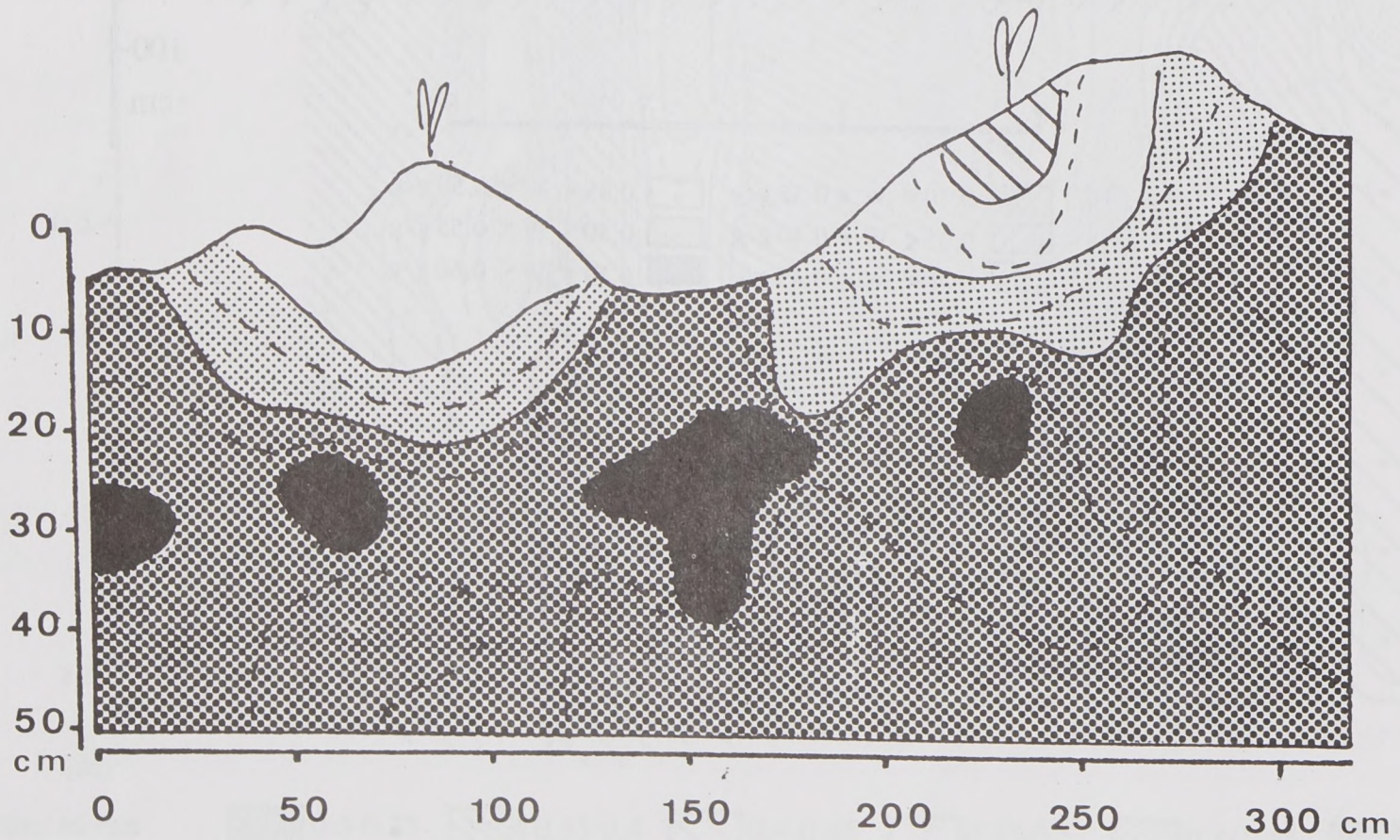
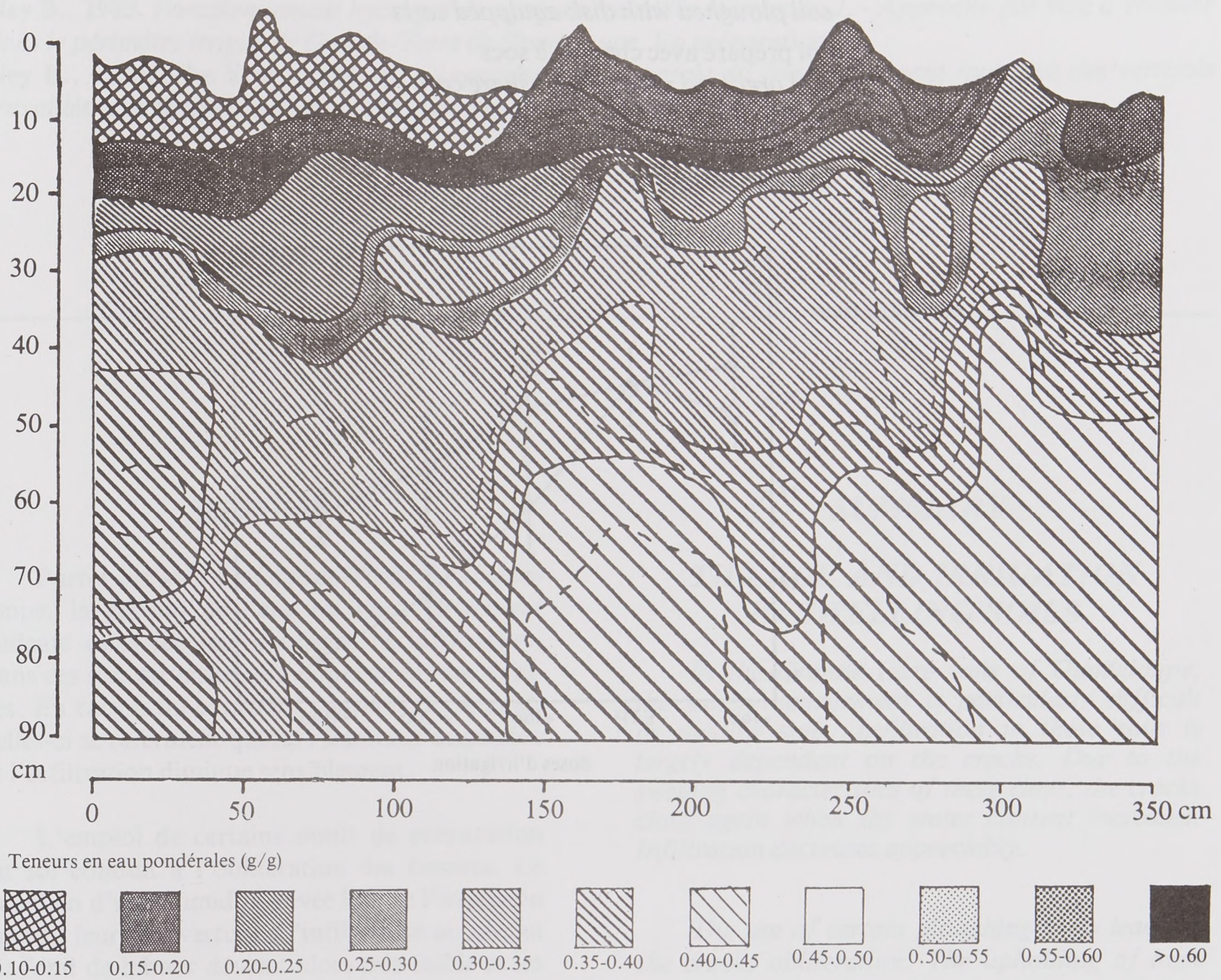


**FIGURE 5**

Coupe hydrique effectuée 23 jours après passage d'une charrue à socs (effectuée le même jour que celle de la figure 3).

*Water content profil made 23 days after ploughing with a plough-share cart (same date than in figure 3).*




## III. POUR UNE GESTION DE L'EAU SATISFAISANTE, TRAVAIL DU SOL ET IRRIGATION SONT INDISSOCIABLES

Le maintien des fissures et leur préexistence au moment du labour sont essentiels pour éviter les excès d'eau et favoriser l'aération du sol. Lorsque l'irrigation est mal maîtrisée, les fentes offrent une garantie de sécurité.

Ces constatations nous ont conduits à comparer des états structuraux caractérisés par la plus ou moins complète oblitération des fissures, et le dessèchement plus ou moins poussé de la couche travaillée. Le premier de ces états est issu de la technique citée précédemment (double passage de charrue à disques, figure 3) et le second d'un seul passage de charrue à soc (figure 5).

Il apparaît, pour des doses d'irrigation supérieures à ETP, que les excès d'eau attendus et constatés dans le premier cas font chuter les rendements de façon très sensible. En ce qui concerne le second, l'eau en excès est évacuée en profondeur, et seules les doses les plus fortes provoquent une «fermeture» complète du profil. Les rendements décroissent avec les doses d'irrigation, mais moins nettement que sur la parcelle préparée avec la charrue à disques (figure 6).

On voit donc clairement que, pour une même dose d'irrigation, deux sols travaillés différemment ne se comportent pas de la même façon.

**FIGURE 6**

Nombre de fruits de tomates en fonction de niveaux élevés d'irrigation pour deux types de préparation du sol.

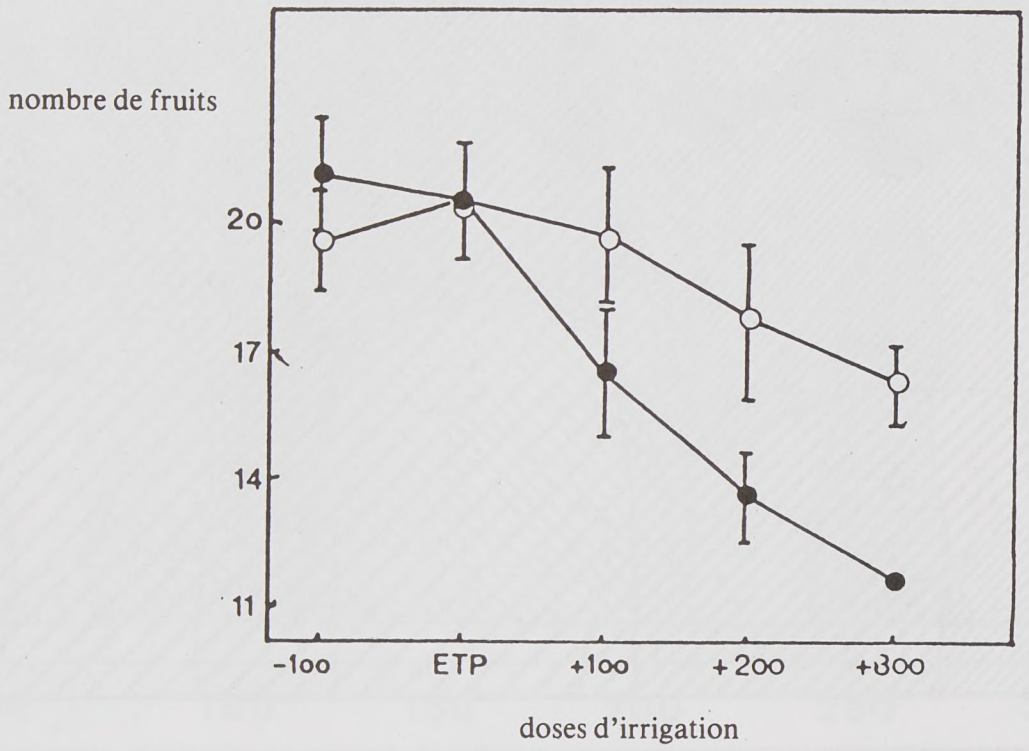
*Number of tomatoe fruits in relation to high irrigation levels for two types of carts.*

**LÉGENDE :**

● sol préparé avec charrue à disques
*soil ploughed with disk-equipped carts*

○ sol préparé avec charrue à socs
*soil prepared with plough-share cart*

⊤ écart type
⊥ *standard error*




## IV. CONCLUSION

En raison des caractéristiques des sols de Grande-Terre, l'irrigation permettant de faire face à la saison sèche, est très délicate :

- dans les vertisols, travail du sol et irrigation sont indissociables. Ils doivent être raisonnés ensemble et en fonction de la plante à cultiver (caractéristiques d'enracinement, sensibilité à la sécheresse...). Le transfert d'une technique ayant fait ses preuves pour la canne à sucre (plante à enracinement puissant, conduite en sec), au maraîchage irrigué, pose problème.

- les comportements hydriques des sols le long des pentes sont extrêmement différents : séchants lorsqu'ils sont courts, ils présentent un mauvais drainage lorsque la profondeur d'argile est importante. Ces hétérogénéités se retrouvent souvent au sein d'une même parcelle.

Les défauts de l'irrigation par aspersion, sensible au vent, ajoutent à la difficulté d'assurer aux plantes une alimentation hydrique satisfaisante sur toute la parcelle.

Des références concernant les interrelations entre travail du sol et irrigation en fonction des différentes plantes cultivées dans cette région restent à établir pour mieux gérer l'eau dans ces types de sols.

## RÉFÉRENCES

**Cabidoche Y.M., Jaillard B., 1985.** *Étude de la dynamique de l'eau dans un sol argileux gonflant. II - Dynamique porale, approchée par mesures de résistivité électrique. A paraître.*

**Jaillard B., Cabidoche Y.M., 1984.** *Étude de la dynamique de l'eau dans un sol argileux gonflant. I - Dynamique hydrique. Science du sol,* 3, 239-251.

**Ney B., 1985.** *Fonctionnement hydrique de vertisols travaillés et irrigués. I. - Approche par voie d'enquête dans le périmètre irrigué de Grande-Terre de Guadeloupe.* En préparation.

**Ney B., Cabidoche Y.M., 1985.** *II - Approche expérimentale du fonctionnement hydrique des vertisols travaillés et irrigués. Comportement vis-à-vis des excès d'eau.* En préparation.

---

## RÉSUMÉ

Parmi les sols de Grande-Terre de Guadeloupe, la gestion de l'eau est particulièrement délicate dans les sols profonds. L'infiltration, dans ces sols est largement dépendante des fissures. En raison du caractère gonflant des argiles, celles-ci se referment quand l'humidité augmente et l'infiltration diminue sensiblement.

L'emploi de certains outils de préparation du sol conduit à l'oblitération des fissures. Le maintien d'une humidité élevée lors de l'irrigation interdit leur réouverture. L'infiltration au niveau du fond de labour devient alors très faible et les risques d'excès d'eau lors d'irrigations supérieures à la consommation en eau des plantes sont élevés.

Travail du sol et irrigation sont indissociables. Deux états structuraux obtenus par des outils de labour différents sont comparés pour des niveaux d'irrigation élevés. L'oblitération des fentes et la création d'une nappe perchée au niveau du fond de labour font chuter les rendements d'une culture de tomates de façon sensible. La préservation des fissures lors du labour, au contraire, les maintiennent jusqu'à des doses importantes.

## *SUMMARY*

### *TILLAGE AND IRRIGATION IN SWELLING SOILS*

*In the Grande-Terre soils of Guadeloupe, the water management is particularly difficult in shallow soils. Infiltration in these soils is largely dependent on the cracks. Due to the swelling characteristics of these clays, the cracks close again when the water content increases. Infiltration decreases appreciably.*

*The use of certain ploughing tools leads to the cracks obliteration. The upholding of high water content level under irrigation prohibits their reopening. Infiltration through the plough pan becomes very weak, and water injury risks are high when the irrigation doses exceed plant water consumption.*

*Tillage and irrigation cannot be separated. Two soil structure conditions, obtained by two plough types, are compared under high irrigation levels. Cracks obliteration and water accumulation above the plough pan lead to a drop of the tomato yields. Cracks preservation, on the contrary, maintains the yield despite high irrigation levels.*

# Irrigation des cultures maraîchères

*Patrick Daly*
**Département Cultures Vivrières du C.I.R.A.D.*, I.R.A.T.** Martinique, BP 427**
**F 97204 Fort-de-France Cédex**

Les cultures maraîchères sont extrêmement exigeantes en eau. Elles ne se développent rapidement, n'assurent des rendements rentables et de qualité, que si elles disposent des quantités d'eau qui leur sont nécessaires. Le volume d'eau mis à la disposition des cultures conditionne le résultat final de celles-ci. L'eau est une source de profit pour le maraîcher bien équipé, qui peut approvisionner régulièrement les marchés. Il peut ainsi profiter des hauts cours des périodes de sécheresse.

Les besoins en eau des cultures varient avec la demande climatique (voir BONHOMME et VALANCOGNE, 1985, dans ce numéro), mais aussi avec le stade végétatif des différentes espèces considérées.

## I. BESOINS EN EAU DE CULTURES MARAÎCHÈRES MENÉES A L'OPTIMUM TECHNIQUE

Les cultures sont conduites dans des évapotranspiromètres (et donc avec possibilité de contrôle journalier des apports d'eau, pluie et irrigation, et du drainage). Ces mesures permettent de connaître la modulation des besoins en eaux maximaux (évapotranspiration maximale ETM) et leur variation au cours des différents stades végétatifs. Les facteurs limitants étant éliminés, les résultats obtenus correspondent sensiblement à l'optimum technique de la culture. Il est alors possible de définir, pour chaque espèce, aux différents stades de développement, le rapport entre l'ETM et l'évapotranspiration potentielle ETP. Le tableau 1 donne des exemples d'évolution des «coefficients culturaux» ETM/ETP.

## II. RÉGIME D'ARROSAGE PROCURANT LE MEILLEUR RENDEMENT ÉCONOMIQUE

Les consommations enregistrées sur évapotranspiromètres étant considérées comme des références maximales, on cherchera souvent à conduire la culture avec des régimes plus faibles d'alimentation hydrique qui correspondent à des optimums économiques. Le tableau 2 montre les variations de rendement en fonction de la dose d'eau pour des cultures maraîchères. Ces résultats doivent être explicités espèce par espèce.

---

* C.I.R.A.D. : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
** I.R.A.T. : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et de Cultures Vivrières

**TABLEAU 1**

ETM, ETP, Coefficient cultural K = ETM / ETP à différents stades, pour des cultures maraîchères dans le Sud-Est de la France.

*Maximal evapotranspiration ETM, potential evapotranspiration ETP, and K = ETM / ETP at various stages, for vegetables crops in the South-East of France.*

| | Melon | Poivron | Aubergine | Oignon | Tomate | Laitue |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ETM totale mm | 235 - 296 | 362 | 362 | 504 | 394 | 190 |
| ETP totale | 368 - 516 | 521 | 521 | 496 | 370 | 257 |
| ETM/ETP moyen | 0,57 - 0,63 | 0,70 | 0,70 | 1,02 | 1,05 | 0,74 |
| K levée-floraison | 0,41 - 0,55 | 0.50 - 0,60 | 0,50 - 0,60 | | | |
| K floraison - maturation | 0,70 - 0,84 | 0,70 - 0,80 | 0,70 0,80 | | | |
| K maturation - récolte | 0,40 - 0,50 | 0,80 - 0.95 | 0,80 - 0,95 | | | |
| K 1 mois après levée | | | | 1.05 | | |
| K formation et grossissement bulbe | | | | 1,14 | | |
| K maturation | | | | 0,55 | | |
| K reprise 3° bouquet | | | | | 0,70 - 0,85 | |
| K grossissement fruits | | | | | 0,85 1,20 | |
| K maturité fruits | | | | | 1,00 | |

**TABLEAU 2**

Rendements commercialisables (en tonne/hectare) de différentes cultures maraîchères soumises à des régimes d'arrosages supérieurs ou inférieurs à ETM.

*Marketed yield (metric t/hectare) of various vegetable crops conducted with amount water supplies greater or lower than ETM.*

| | Sud-Est de la France | | | Sud de la Martinique | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | A | B | D | E | F |
| 120 % ETM | 18.0 | 25.4 | 26.4 | 36.8 | 48.8* | 33.2 | 53.8 | 12.5 |
| 100 % ETM | 17.4 | 29.4 | 28.6 | 32.4 | 47.9 | 24.3 | 46.5 | 12.6 |
| 80 % ETM | 17.4 | 31.8 | 25.1 | 25.4 | 45.6 | 16.2 | 38.9 | 10.5 |
| 60 % ETM | 14.3 | 26.6 | | 18.6 | 36.2 | 10.2 | 37.9 | 7.3 |

* : essai conduit en «goutte-à-goutte» contrairement aux autres. C : Poivron F : Haricot

A. Melon : variété Chilton. L'augmentation du rendement est due à un nombre plus élevé de fruits de plus de 1 Kg. Un rationnement en eau ne joue donc pas sur la quantité de fruits de petit calibre.

B. Aubergine : le rendement a été obtenu en 2,5 mois de récoltes hebdomadaires. La proportion de fruits de calibre supérieur à 350 g était maximale pour les traitements à ETP. Il est cependant nécessaire de fournir cette dose pour avoir le maximum de fruits de 250 à 300 g.

D. Tomate : variété Floradel, à croissance indéterminée, taillée et tuteurée. L'amélioration du rendement était due surtout à l'augmentation du calibre des fruits. Bien que l'essai ait été réalisé en période chaude (22 avril - 1 août 1975), la nouaison a été bonne. Le nombre de fruits atteints de nécrose apicale a diminué alors que les doses d'irrigation augmentaient. Mais la proportion de fruits éclatés passait de 3 % dans la parcelle la moins arrosée à 22 % dans celle recevant l'arrosage le plus fort. Le meilleur équilibre se situe à 120 % de l'ETP.

E. Concombre : variété Poinsett, culture du 18 décembre au 21 février. L'augmentation de rendement procurée par l'irrigation a été due à l'augmentation du nombre de fruits (durée de récolte plus importante), plus qu'à une augmentation du poids des fruits, ceux-ci étant récoltés verts et à poids constant.

## III. MÉTHODES D'IRRIGATION SUR VERTISOLS MAGNÉSIENS

### A. Irrigation de reprise

Les apports d'eau au cours des premiers jours doivent satisfaire trois critères :

- refaire la réserve hydrique du sol ; en effet, sa préparation exige qu'il soit desséché à 20 % environ d'humidité pour pouvoir être travaillé correctement. De plus, une plantation correcte ne peut pas être effectuée dans un sol trop humide. Mais, cette réserve hydrique ne peut pas être refaite en une seule fois sans risquer la dégradation de la structure. Elle sera donc reconstituée progressivement (humidité optimale 40 %).

- faciliter la reprise grâce à un tassement léger autour du plant, ce qui est plus facile avec de petites irrigations qu'avec une dose importante.

- compenser la faible transpiration de la plante aux premiers stades.

En 10 à 15 jours, il faut apporter une quantité quotidienne équivalente à 1,5 ou 2 ETP.

### B. Doses et fréquences d'irrigation

La dose à apporter dépend du type de sol et de sa capacité de rétention. Sur vertisols magnésiens, en pleine saison sèche, la dose est d'environ 25 mm.

Cette dose peut être apportée en 2,5 à 4 heures selon le débit des asperseurs. Des pluviométries de 10 mm/heure donnent de bons résultats : plus faibles elles sont moins efficientes (en particulier en période d'alizés), plus fortes elles peuvent conduire à un «glaçage» du sol.

Connaissant la pluviométrie de la journée (mesurée de préférence sur la parcelle à l'aide d'un pluviomètre), la fréquence des arrosages sera fonction de la demande climatique mais aussi de l'espèce et du stade végétatif. A titre d'exemple, une étude effectuée sur le périmètre d'irrigation du Sud-Est de la Martinique, donne des besoins en irrigation sur Aubergine de 920 mm en année sèche et 310 mm en année humide (de début septembre à fin mai).

## IV. IRRIGATION LOCALISÉE

Le système d'irrigation choisi et diffusé par la Société d'Aménagement et de Gestion du Périmètre sous Irrigation du Sud-Est de la Martinique (S.A.P.I.S.E.) est traditionnel : c'est l'irrigation par aspersion Aussi la majeure partie des études conduites sur la Station l'ont été avec ce système. Mais des essais effectués en 1975 ont montré, sur tomate, aubergine, melon, que l'irrigation localisée au pied («goutte-à-goutte») assurait des rendements corrects, permettait une économie d'environ 20 % et influait peu sur les accidents physiologiques (pourriture apicale et éclatement).

Faute d'études détaillées, il n'est pas possible d'apporter une appréciation suffisante sur ce système et son utilisation dans les périmètres antillais. Quels sont les risques d'obturation des goutteurs par les impuretés ? Quelles sont les doses et fréquences en fonction de chaque type de sol ?

En préalable à une utilisation éventuelle, et compte-tenu que ce système intéresse souvent les agriculteurs, il nous a paru utile d'indiquer quelques points spécifiques à l'irrigation localisée. Nous emprunterons à CAYROL, 1979, les données théoriques qui devront être adaptées à chaque situation.

**A. Données générales sur l'irrigation localisée**

En IRRIGATION LOCALISÉE, on apporte en permanence au sol des DÉBITS INFIMES D'EAU correspondant aussi exactement que possible à la consommation des plantes. Ces faibles quantités ne sont pas amenées dans toute la masse du sol mais seulement autour de la rhizosphère : cet arrosage est continu dans le temps et discontinu dans l'espace.

Le débit modifie la forme de la zone humidifiée qui va dépendre du type de sol, des humidités initiales et des débits. L'importance de la zone saturée est prépondérante pour la plante car un système racinaire constamment en milieu inondé s'asphyxie.

La texture du sol influence la taille et la forme de la zone mouillée. Si la texture est grossière, l'eau s'écoule facilement par gravité et le bulbe s'allonge vers le bas. Si la texture est fine, la force de capillarité l'emporte sur la force de gravité et le bulbe s'étale. Quand le sol est travaillé en surface par une fraise rotative, il y a risque de formation de semelle, et une irrigation localisée excessive aboutira à une accumulation d'eau dans la zone superficielle ameublie, la zone sous-jacente restant sèche.

Si l'on utilise l'irrigation localisée dans un sol déjà humide, son imbibition est assez homogène et le bulbe s'allonge vers le bas. Dans un sol initialement sec, l'eau restera localisée à proximité du point d'apport. Des débits trop forts peuvent entraîner un excès non visible en surface, mais bien réel en profondeur.

**B. Expérimentations d'irrigation localisée sur vertisols magnésiens**

Peu de travaux ont été conduits sur vertisols magnésiens (Sud de la Martinique). Nous reproduisons ici quelques résultats parus par ailleurs dans le rapport d'activités de la S.E.C.I.* en 1975.

Sur TOMATE, Une irrigation au «goutte-à-goutte» depuis le début de la culture à l'aide de capillaires de 0,9 mm, réglés pour un débit de 5 1/heure, et disposés selon une maille de 0,80 m x 1,50 m (1 capillaire pour 4 plants), avait permis les observations suivantes :

- les besoins en eau avaient été de 1,05 ETP,

- l'effet sur les rendements portait sur le poids des fruits (70 % dans les calibres supérieurs à 67 mm),

- pas d'effet sur la nouaison et la floraison.

Si la culture a pu être conduite en «goutte-à-goutte» dès la plantation (pas d'apport par aspersion), sur sol sec, le recoupage a été nécessaire (8 % à la mi-février). Il semble difficile d'obtenir les mêmes résultats en pleine saison chaude et sèche.

Sur MELON planté fin-mai, l'irrigation au «goutte-à-goutte» avait été précédée d'une semaine d'irrigation par aspersion (100 mm en 8 jours soit environ 1,60 ETP). En période de pleine végétation, la dose en «goutte-à-goutte» paraît être de 0,70 ETP. L'effet dépressif de doses excessives n'était pas significatif, contrairement à ce qui avait été constaté sur tomate et aubergine. Avec la variété Chilton, les rendements commercialisables variaient entre 20 et 24 tonnes/hectare (avec 85 % des fruits à 1 kg).

## V. QUALITÉ DES EAUX D'IRRIGATION

La qualité des eaux d'irrigation est classiquement estimée par le diagramme du laboratoire de Riverside (U.S. Departement of Agriculture) qui prend en compte deux caractères : la salinité, et le risque

* S.E.C.I. : Station d'Essai des Cultures Irriguées ; Sainte-Anne (Martinique).

d'alcalinisation du sol (estimé en fonction du sodium absorbable par le sol) qui peut lui conférer de mauvaises propriétés physiques.

Quatre classes de salinité (faible, moyenne, forte, très forte) peuvent être définies d'après la relation entre la conductivité spécifique à 25° C de l'eau d'irrigation, ou celle de l'extrait saturé du sol : ces classes sont délimitées par les valeurs de conductivités 250, 750 et 2 250 micromhos/cm. En sols à faible drainage, les eaux ne doivent pas dépasser 750 micromhos/cm.

Les plantes ont une tolérance relative à la salinité et le tableau 3 donne, pour différentes cultures maraîchères, les valeurs de conductivité conduisant à des diminutions de rendement de 50 % : le haricot vert est donc extrêmement sensible à la salinité (il sert souvent de plante-test dans ce domaine) alors que la tomate est moyennement résistante.

**TABLEAU 3**

Classes de sensibilité de cultures maraîchères à la salinité du sol (d'après DURAND, 1983).
Les valeurs de conductivités (ECc en micromhos/cm) sont celles qui conduisent à des diminutions de rendement de 50 %.

*Tolerance of vegetable crops to soil salinity. The conductivity values (ECc in micromhos/cm) lead to 50 % yield reduction.*

| 12 000 > ECc > 10 000 | 10 000 > ECc > 4 000 | 4 000 > ECc > 2 000 |
|---|---|---|
| Betterave potagère | Tomate | Radis |
| Asperge | Chou cabus | Céleri |
| Épinard | Chou fleur | Haricot vert |
| | Laitue | |
| | Maïs sucré | |
| | Citrouille | |
| | Pomme de terre | |
| | Concombre | |
| | Carotte | |
| | Oignon | |

Aucun travail sur la qualité des eaux et sur la réaction du sol irrigué n'a, pour l'instant, été conduit aux Antilles. Ces problèmes étant surtout cruciaux en zones sèches, la situation pluviométrique des îles (caractérisée par de fortes précipitations six mois de l'année), devrait limiter le risque de salinité en cultures irriguées.

---

**RÉFÉRENCES**


**Cayrol J.C., 1979.** *L'irrigation localisée.* P.H.M., 196, 63-68 .

**Durand J.H., 1983.** *Les sols irrigables.* Collection Techniques vivantes, Agence de Coopération Culturelle et Technique, P.U.F., Paris, 339 p.

**Granier J., Daly P., 1976.** *Rendements de quelques cultures maraîchères en fonction des apports d'eau et du mode d'irrigation dans le Sud-Est de la Martinique.* Nouv. Agron. Antilles-Guyane, 2, 59-72.

**S.E.C.I. Ste-Anne, 1975.** *Résultats d'essais sur cultures maraîchères.* Rapport annuel. IRAT - DDA Martinique.

**Société du Canal de Provence, 1968 et 1970.** *Besoins en eau des cultures.* Rapports annuels 1967-1968 et 1969-1970.

## RÉSUMÉ

Les besoins en eau de quelques cultures maraîchères, pour compenser l'évapotranspiration maximale, sont montrées dans le tableau 1. Puis des expérimentations, conduites dans le Sud de la Martinique, sont présentées afin de préciser la notion de rendement économique avec des apports d'eau réduits.

Une discussion des méthodes d'irrigation applicables sur les vertisols magnésiens du Sud-Est de la Martinique conduit à évaluer l'irrigation de reprise puis les doses et fréquences en cours de végétation.

Quelques données générales sur l'irrigation localisée («goutte-à-goutte»), ainsi que des expérimentations sur tomate et melon avec cette technique, sont ensuite présentées.

Enfin les problèmes posés par l'éventuelle salinité de l'eau sont discutés en fonction de la sensibilité des différences cultures.



## *SUMMARY*

*The maximal evapotranspiration of some vegetable crops are shown in table 1. Some experimentations carried out in Southern Martinique are discussed to choose the irrigation level wich leads to the optimal economic yield.*

*The irrigation methods available on magnesic swelling soils of the Southern Martinique are presented with approximate values for irrigation after planting and amounts and frequencies for growing crops.*

*General informations on trickle irrigation are presented and some regional experimentation with tomato and melon using this technique are discussed. The sensitiveness of some vegetable crops to water salinity is shown in table 3.*

# L'influence de l'irrigation sur les maladies des plantes

*Charles-Marie Messiaen*
**I.N.R.A.*, Station de Pathologie Végétale, Centre Antilles-Guyane, F 97170 Petit-Bourg**

## I. INTRODUCTION

Les maladies des plantes, provoquées par des champignons, des bactéries ou des virus, ainsi que des dégâts d'animaux suffisamment petits (nématodes, acariens) pour que les symptômes soient confondus avec des maladies, sont, pour leur propagation, sous la dépendance des conditions climatiques. Il est difficile d'énoncer des règles générales, car chaque plante cultivée est le plus souvent attaquée par plusieurs parasites, chacun pouvant avoir des besoins différents en conditions de température, de pluviosité, d'humidité de l'air ou du sol pour se propager.

De plus, les facteurs du climat peuvent agir directement sur les parasites en favorisant plus ou moins leur dissémination, leur pénétration dans la plante et leur reproduction, mais aussi, indirectement, en agissant sur la physiologie des plantes qui deviennent plus ou moins réceptives aux maladies suivant les conditions de leur développement.

Il peut également arriver que le parasite soit concerné par des phénomènes d'antagonisme ou d'hyperparasitisme, sur lesquels les conditions climatiques peuvent agir.

Toujours de façon indirecte, pour les parasites qui ont besoin d'un «vecteur» (c'est le cas de la majorité des virus, transmis par des piqûres d'insectes), le développement de l'épidémie sera déterminé par l'influence du climat sur la prolifération et la mobilité des vecteurs.

On ne devra donc pas s'étonner de voir que la modification artificielle du climat que provoque l'irrigation agisse de façon différentielle, en favorisant ou défavorisant telle ou telle catégorie de parasites suivant la méthode d'apport de l'eau que l'on adopte : par gravité, aspersion ou goutte à goutte en particulier.

## II. EFFET SUR DIVERSES CATÉGORIES DE PARASITES DES MÉTHODES D'IRRIGATION QUI MOUILLENT LE FEUILLAGE

Un certain nombre de maladies foliaires des plantes sont transmises par la pluie : leurs germes (spores, bactéries) sont dispersés par les gouttes de pluie rejaillissant à la surface des feuilles.

Certaines, même, comme des bactérioses à *Pseudomonas* ou *Xanthomonas* profitent directement du choc des gouttes de pluie qui introduisent en force les bactéries dans les «chambres sous-stomatiques».

Ce type de maladie profitera donc directement de l'irrigation par aspersion au même titre que de la pluie, pour sa propagation. On ne s'étonnera donc pas, par exemple, en conditions antillaises, de voir fréquemment apparaître la gale bactérienne de la Tomate *(Xanthomonas vesicatoria)* sur les cultures

* Institut National de la Recherche Agronomique

irriguées par aspersion quelle que soit l'heure du jour où l'on pratique l'arrosage, mais surtout si celui-ci est constitué de grosses gouttes.

Pour d'autres pathogènes : mildious, anthracnoses, par exemple, la pluie est utile ou nécessaire à la dispersion des germes, mais de plus un certain «temps d'humectation» est nécessaire pour que la germination et la pénétration dans la feuille puissent avoir lieu. Ce temps d'humectation est en général de l'ordre d'une dizaine d'heures, et, sauf exception (*Phoma destructiva* sur tomate), supporte mal d'être fractionné.

C'est dans ce cas que l'influence de l'heure à laquelle est pratiquée l'irrigation peut avoir une grande importance. Les plantes qui seront irriguées en milieu de journée courront moins le risque d'aggravation de ces maladies, car la période d'humectation sera trop courte pour permettre germination et pénétration. Au contraire, des irrigations du soir ou du matin pourront prolonger la période d'humectation par la rosée nocturne, et aggraver les dégâts de maladie, même en l'absence de pluie contaminatrice.

Il peut même arriver que l'irrigation du milieu de la journée soit directement défavorable à la dissémination du parasite : c'est le cas pour les *Alternaria* (tomate, carotte, oignon) et les *Helminthosporium* (maïs, canne) dont les conidiophores, induits à se tordre brusquement par le dessèchement de l'air, projettent leurs spores en milieu de journée. Dans ce cas-là une irrigation pratiquée de midi à 15 h freinera la dissémination.

Certains parasites, enfin, sont directement contrariés par la pluie, et par l'irrigation par aspersion, ce sont les Oïdiums, et la plupart des acariens : en particulier les Tetranyques ou «araignées rouges» (haricot, aubergine) et l'*Aculus lycopersici* (acariose bronzée de la tomate). Par contre les Tarsonèmes (acariose déformante), qui se tiennent à l'intérieur des bourgeons et des boutons floraux, bien protégés des gouttes d'eau, sont relativement indifférents à la pluie et à l'aspersion.

La pluie et l'aspersion, enfin peuvent être directement (choc mécanique) ou indirectement (prolifération de mycoses) défavorables aux pucerons vecteurs de virus.

## III. EFFET SUR DIVERSES CATÉGORIES DE PARASITES DES MÉTHODES D'IRRIGATION QUI MOUILLENT LA SURFACE DU SOL

Un certain nombre de champignons et de bactéries capables d'attaquer le collet des plantes, ou les fruits touchant terre, ont besoin pour entrer en activité d'une période pendant laquelle la surface du sol reste humide. On peut citer :

- *SCLEROTIUM ROLFSII,* très polyphage, dont les sclérotes, pour germer, et le mycelium, pour se développer, ont besoin d'une humidification de la couche superficielle du sol (de plus, le lessivage des composés azotés dans cette couche superficielle lève une inhibition de croissance de mycelium).

- *RHIZOCTONIA SOLANI,* dont les souches «classiques» peuvent attaquer melons et tomates touchant le sol, et dont les souches tropicales à microsclérotes peuvent envahir tiges et feuillages (ignames non tuteurées, haricots nains).

- Divers *PHYTOPHTHORA,* capables de faire pourrir les fruits des plants de tomate non tuteurés, et de participer, avec *Fusarium solani* à la pourriture du collet chez l'Aubergine.

- et des *PECTOBACTERIUM* (autrefois *Erwinia carotovora*) qui provoquent la pourriture du collet chez le chou chinois.

La méthode d'arrosage qui favorise le moins ces maladies est l'irrigation à la rigole, les plantes étant placées au sommet des billons. Mais ce n'est pas prévu en conditions antillaises... On s'efforcera donc d'accélérer la dessication du sol, si l'on arrose par aspersion, en cultivant les plantes sur des planches surélevées légèrement bombées. Dans le cas d'arrosage au goutte-à-goutte, il faudra peut-être se soucier d'écarter le tuyau du collet des plantes dès que celles-ci auront surmonté la crise du repiquage.

## IV. EFFET DE LA TENEUR EN EAU DU SOL SUR LES MALADIES RACINAIRES ET VASCULAIRES

Ici aussi les exigences des divers parasites sont très variées, depuis le *Macrophomina phaseoli* (pourriture sèche des tiges de haricot et de tournesol) qui profite de périodes de stress hydrique pour envahir les racines et les tiges jusqu'aux *Pythium* et *Phytophthora* qui profiteront des périodes de saturation du sol en eau pour émettre des zoospores nageuses qui envahiront les racines (dépérissement du Malanga-*Pythium myriotylum*). De plus, les méthodes d'irrigation qui entrainent les déplacements d'eau à distance propageront ces maladies à l'échelle de la parcelle, et non plus seulement à celle de la plante individuelle. Là encore nous retrouverons l'irrigation à la rigole... mais aussi les irrigations par d'autres méthodes exagérément dosées.

Par contre un certain nombre d'autres maladies telluriques ne semblent pas particulièrement influencées par le mode d'irrigation, ou ne le sont que de façon indirecte.

Les dégâts de *nématodes,* qu'ils soient visibles (galles de *Meloidogyne*) ou peu apparents (*Rotylenchulus semipenetrans*), qui ne produisent que des baisses de récolte sans symptômes nets si les plantes sont alimentées en eau de façon fréquente et bien dosée, peuvent conduire à des flétrissements graves ou au nanisme en cas de stress hydrique, beaucoup plus nocif sur les plantes dont le système racinaire est insuffisant. A l'inverse un excès d'eau peut provoquer la pourriture des galles de *Meloidogyne,* ce qui entraîne la mort d'une grande partie du système racinaire, et, là encore, des flétrissements.

Enfin, il ne faut pas espérer guérir les plantes atteintes de maladies vasculaires (verticilliose de l'aubergine, fusarioses, flétrissement bactérien des Solanées) en forçant sur l'arrosage. Les parasites vasculaires sont particulièrement nocifs sur les plantes dont la croissance est la plus active, donc bien alimentées en eau, sans excès. Mais ni le stress hydrique, ni l'excès d'eau ne peuvent arrêter la progression des dégâts une fois la plante contaminée.

## V. LA NÉCROSE APICALE DE LA TOMATE

Cette maladie non parasitaire consiste en un collapsus nécrotique des cellules de la partie du fruit opposée au calice. Pour y être sensibles, ces cellules doivent être sous-alimentées en calcium (cet élément augmente la solidité des pectines) et soumises à un stress hydrique de courte durée.

Par ailleurs, il semble que les plantes transportent le calcium, des racines à l'extrémité des fruits, plus difficilement que les autres éléments, en particulier quand elles sont sous-alimentées en eau.

On aura donc intérêt, pour éviter cet accident sur les variétés les plus sensibles, à arroser souvent par petites doses, et, si l'on dispose de l'aspersion, à pratiquer ces arrosages légers en milieu de journée, à condition, bien sûr, que le sol lui-même ne soit pas carencé en calcium.

## VI. LA GESTION DES PESTICIDES SOUS ARROSAGE PAR ASPERSION

On est amené à hésiter à placer les traitements pesticides :

- soit juste avant un arrosage susceptible de provoquer des contaminations afin que le produit soit déjà présent, mais alors on risque de le lessiver à peine appliqué,
- soit juste après un arrosage, afin de diminuer au maximum les inconvénients du lessivage.

On doit rappeler que cette hésitation ne concerne que les produits actifs par simple contact, et non les produits systémiques, pour lesquels il suffira d'attendre, pour arroser, les quelques heures nécessaires à l'absorption du pesticide par les feuilles, et que par ailleurs les produits fongicides modernes, même considérés comme non systémiques, ont cependant une action légèrement curative pendant les premières heures de germination-pénétration dans les feuilles, ce qui justifie l'application après arrosage.

Reste le cas des bactéries, *Pseudomonas* et *Xanthomonas,* pour lesquelles le seul recours actuel est constitué par les produits cupriques. Dans cette catégorie, celui qui est actuellement le plus commercialisé aux Antilles contient un puissant colorant bleu qui permettra d'estimer le degré de lessivage et de traiter à nouveau au bon moment.

## VII. CONCLUSION

Nous sommes désolés de conclure ces quelques pages en soulignant qu'il est impossible de donner une conclusion générale sur l'influence des divers modes d'irrigation sur les maladies, tant sont divers les cas particuliers. Nous espérons cependant que, bien conseillés par les services de la Protection des Végétaux et du G.R.I.S.P., connaissant à quels types de maladies leurs diverses cultures sont exposées, les paragraphes ci-dessus aideront les cultivateurs à minimiser les risques d'aggravation des maladies que pourrait entraîner la généralisation de l'irrigation.

---

## RÉFÉRENCES


**Annales de Phytopathologie** (numéro hors série), 1969. 2è Congrès de l'Union Pytopathologique méditerranéenne. Avignon - Antibes, Sep. 1969. Thème 1. *Influence de l'irrigation sur les maladies des plantes,* pp. 9-74.

**Rotem J., Palti J., 1969.** *Irrigation and plant diseases.* Ann. review of plant pathology, 7, 267-288.

**Fournet J., 1971.** *Étude sur les conditions d'infection des feuilles de Tomate par le* Phoma destructiva *PLOWR.* Ann. Phytopathol., 3, 2, 215-231.



## RÉSUMÉ

Il est difficile de donner des règles générales sur l'influence de l'irrigation sur les maladies des plantes, car les exigences microclimatiques des différents types de pathogènes sont très diverses. Nous avons donc donné quelques indications sur les effets possibles de l'irrigation sur un certain nombre de maladies des plantes, en relation avec :

- le fait que l'irrigation mouille ou non la surface des feuilles,
- de même pour la surface du sol,
- et les effets de la plus ou moins grande saturation en eau du sol sur les pathogènes telluriques.

Nous avons également mentionné le cas de la nécrose apicale de la tomate (maladie physiologique) et réfléchi sur la gestion des traitements fongicides sous irrigation.



## *SUMMARY*

### *INFLUENCE OF IRRIGATION ON PLANT DISEASES*

*It is not possible to give general indications on the influence of irrigation on plant diseases.*

*Microclimatic requirements of various types of plant pathogens are very different.*

*Some indications are given on the possible favourable or unfavourable influence of irrigation on a number of plant diseases, in relation with :*

*- irrigation methods wetting or not plant leaves,*

*- irrigation methods making soil surface wet during a short or a long time,*

*- the effects of soil humidity on root diseases and vascular wilts.*

*Special attention is paid to tomato blossom-end-rot and to pesticide management under irrigation.*